UNIVERSITE DE STRASBOURG

FACULTÉ DE PHARMACIE

Année scolaire 1940-1941 N° 267

Contribution à l'étude de l'eau bicarbonatée ferrugineuse d'Oriol en Trièves et particulièrement de celle de la source Auvergne

THÈSE

présentée et soutenue publiquement le 1941
A LA FACULTÉ DE PHARMACIE DE STRASBOURG
pour obtenir le grade de DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ
DE STRASBOURG (PHARMACIE)

PAR

A. AUCLAIR
Pharmacien
Licencié ès Sciences

JURY

Examinateurs de la Thèse	M. A. SARTORY, Professeur, Président.	
	M. P. CORDIER, Professeur	Juges
	Mme S. LALLEMAND, Agrégée	Juges

LYON
BOSC Frères M. & L. RIOU
IMPRIMEURS-ÉDITEURS
42, Quai Gailleton, 42

1941

Contribution à l'étude de l'eau bicarbonatée ferrugineuse d'Oriol en Trièves et particulièrement de celle de la source Auvergne

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543528_0050

UNIVERSITE DE STRASBOURG

FACULTÉ DE PHARMACIE

Année scolaire 1940-1941 N° 267

Contribution à l'étude de l'eau bicarbonatée ferrugineuse d'Oriol en Trièves et particulièrement de celle de la source Auvergne

THÈSE

présentée et soutenue publiquement le 1941
A LA FACULTÉ DE PHARMACIE DE STRASBOURG
pour obtenir le grade de DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ
DE STRASBOURG (PHARMACIE)

PAR

A. AUCLAIR

Pharmacien
Licencié ès Sciences

JURY

Examinateurs de la Thèse	M. A. SARTORY, Professeur, Président.	
	M. P. CORDIER, Professeur	Juges
	Mme S. LALLEMAND, Agrégée	

LYON
BOSC Frères M. & L. RIOU
IMPRIMEURS-ÉDITEURS
42, Quai Gailleton. 42

1941

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

FACULTÉ DE PHARMACIE

ADMINISTRATION

MM. SARTORY, *Doyen*, C. ✻, I. ⚕, C. ❋.
VOLMAR, *Assesseur*, I. ⚕.
MARANDON, *Secrétaire*, ✻, ⚗, ⚕.

DOYEN HONORAIRE

M. JADIN, O ✻, I. ⚕, ❋.

PROFESSEURS

MM.	A. SARTORY, C. ✻, I. ⚕, C. ❋	Bactériologie
	LAVIALLE, ✻, I. ⚕, ❋	Botanique
	VOLMAR, I. ⚕.....	Chimie organique
	GUILLAUME, ✻, ⚕, I. ⚕, ❋	Pharmacie galénique
	LAPP, I. ⚕.....	Chimie analytique
	CORDIER, ⚕.....	Pharmacie chimique
	R. SARTORY, ⚕, ✻	Matière médicale

MAITRE DE CONFERENCE

DUQUENOIS ..... Toxicologie

PROFESSEUR HONORAIRE

M. JADIN, O. ✻, I. ⚕, ❋.

COURS COMPLEMENTAIRES

MM.	A. SARTORY.....	Hygiène
	LAVIALLE	Hydrologie
	VOLMAR	Chimie minérale.
	GUILLAUME	Zoologie
	LAPP	Physique
	EISENMANN	Législation et Déontologie
	CORDIER	Chimie biologique
	R. SARTORY	Cryptogamie

CHEFS DE TRAVAUX PRATIQUES

MM.	COLLARD, I. ⚕ ⚕, ...	Chimie pharmaceutique
M^me^	LALLEMAND ◐	Chimie et Physique
M.	N.....	Bactériologie et Parasitologie
	JÆGER	Histoire naturelle

A MA FEMME ET A MON FILS PHILIPPE

Bien faible témoignage de mon affection.

A LA MEMOIRE DE MES GRANDS-PARENTS

A LA MEMOIRE DE MON FRERE GILBERT

A MES PARENTS

Les années écoulées m'ont prouvé leur tendresse et leur grande bonté; qu'ils acceptent aujourd'hui ce modeste travail en signe de profonde affection et de filiale reconnaissance.

A MON FRERE MARCEL

A MON BEAU-PERE

A MA FAMILLE ET A TOUS LES MIENS

A MES AMIS

A MON PRESIDENT DE THESE

Monsieur le Professeur A. SARTORY
Doyen de la Faculté de Pharmacie de Strasbourg

Il m'a fait le grand honneur de présider mon jury. Je l'en remercie ici sincèrement.

AUX MEMBRES DE MON JURY

Monsieur le Professeur CORDIER
Professeur de Pharmacie chimique
à la Faculté de Pharmacie de Strasbourg

ET

Madame LALLEMAND
Agrégée
Chef de Travaux Pratiques à la Faculté
de Pharmacie de Strasbourg

Témoignage de gratitude.

A MONSIEUR JACQUES MEYER

Chef de Travaux Pratiques de Bactériologie
à la Faculté de Pharmacie de Strasbourg

Qui a bien voulu me guider dans l'élaboration de ce travail et me prodiguer ses conseils. Remerciements et profonde gratitude.

A MES MAITRES
DE L'ECOLE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE
DE CLERMONT-FERRAND

et en particulier à

MADAME BLANQUET

Pharmacien Supérieur
Professeur de Physique
Directrice des Services d'Hydrologie
de l'Institut d'Hydrologie de Clermont-Ferrand

MONSIEUR LE DOCTEUR LEVADOUX

Maire de Châtel-Guyon
Professeur d'Hydrologie à l'Ecole de Médecine
et de Pharmacie de Clermont-Ferrand

Qui ont été mes premiers maîtres en hydrologie. Hommage respectueux et sincère reconnaissance.

A MES MAITRES
DE LA FACULTE DE PHARMACIE
DE STRASBOURG

PLAN

Chapitre premier :

Introduction.

Chapitre II :

Historique des eaux d'Oriol.

Chapitre III :

Etude géologique de la région et origine de l'eau.

Chapitre IV :

Captage.

Chapitre V :

Floculation.

Chapitre VI :

Etude chimique :

a) Opérations effectuées à la source ;

b) Analyse quantitative et qualitative.

Chapitre VII :

Etude physique :

Densité.

Potentiel hydrogène.

Point cryoscopique.

Résistivité électrique.

Radioactivité.

Chapitre VIII :

Analyse bactériologique.
Pouvoir bactériophagique.

Chapitre IX :

Pharmacodynamisme et action thérapeutique.

Conclusion.

Contribution à l'étude de l'eau bicarbonatée ferrugineuse d'Oriol en Trièves et particulièrement de celle de la source Auvergne

CHAPITRE PREMIER

INTRODUCTION

L'action thérapeutique de certaines eaux est connue de l'homme depuis déjà fort longtemps. Sans remonter à la civilisation égyptienne, qu'il nous soit cependant permis de citer l'avis d'Hippocrate qui, dans « des ans, des eaux et des lieux » écrit : « il est nécessaire de connaître la qualité des eaux qui, si elles diffèrent par la saveur et par le poids, ne diffèrent pas moins par leurs propriétés ». Nous trouvons dans la suite de l'histoire l'époque romaine et gallo-romaine et nous avons en France assez de vestiges de ces temps pour ne pas ignorer l'importance qu'on attachait alors aux thermes et aux cures hydro-minérales.

Au XIVe siècle, on vit un médecin de Bologne, Thuia de Castello, essayer de formuler les indications et usages des eaux italiennes. Vers cette époque Paracelse (1493-1541) fait l'éloge des eaux minérales et dit pouvoir guérir la lèpre grâce à leur « vis magnetica ». Au XVIe siècle, malgré certain septicisme com-

me celui de Voltaire qui pourtant allait se soigner à Forges-les-Eaux, et malgré les accidents qui découlaient de la manière dont on administrait les eaux, on vit devenir les stations de plus en plus prospères. On préconisait alors une thérapeutique dont le but était de neutraliser les acretés du sang et d'éliminer les humeurs pécantes. Madame de Sévigné allait essayer à Vichy de faire partir son mal grâce à des « sueries ». Quant à Boileau il se rendait à Bourbon-l'Archambault. C'est alors que les savants s'intéressèrent aux sources.

Bertholet vers 1870 et Lavoisier étudièrent la crénologie. La chimie moderne a disséqué les différents éléments des eaux minérales et la découverte de la radioactivité enfin nous a autorisé à voir sous un jour nouveau ces qualificatifs anciens d'eau minérale morte ou vivante tout en ravissant à jamais à l'analyse chimique le pouvoir d'expliquer à elle seule le mode d'action qui demeure encore mystérieux des eaux minérales.

Après cet historique rapide, il nous semble utile de définir ce que l'on entend par « eau minérale ». Différentes définitions ont été données. Une eau minérale est, nous dit le Congrès de Genève, en 1908, « une eaux naturelle proposée à la consommation en raison des propriétés thérapeutiques ou hygiéniques spéciales ».

Le Conseil supérieur d'Hygiène publique de France nous donne un peu plus tard une définition identique : « L'eau minérale naturelle est une eau à laquelle on attribue des propriétés thérapeutiques ».

Voici enfin celle que nous donnait notre professeur d'hydrologie, le docteur Levadoux, de Chatel-Guyon, dans son cours : « Les eaux minérales sont des eaux naturelles à proportions différentes de sels minéraux et à propriétés physiologiques et médicales ».

Si les travaux actuels ne nous ont pas complètement expliqué le mystère thermal nous savons néanmoins que les eaux minérales agissent thérapeutiquement par deux modes très divers : par les substances qu'elles contiennent en dissolution et par leur dynamisme physico-chimique. Les doses de sels dissous seules ne peuvent donner la raison de leur efficacité ; en effet, certaines eaux, comme celles de Bagnoles-de-l'Orme ou d'Evian ont une très faible teneur en substances minérales et ont cependant une action thérapeutique des plus actives. Aussi, nous sommes portés à croire que les effets des eaux minérales ont pour source principale leur dynamisme physico-chimique. Mais si les physiciens et les chimistes se sont occupés pendant longtemps des eaux minérales une nouvelle école de savants avec en tête le professeur Billard, de Clermont-Ferrand cherchent à en étudier la biologie. Les professeurs Dodel et Dastugue ont découvert la pouvoir zymosthénique (action sur les ferments), les pouvoirs antianaphylactique et phylactique de certaines eaux. Ils en ont étudié l'action sur le métabolisme basal, sur la croissance des végétaux inférieurs et sur celle des végétaux supérieurs.

Après cet aperçu général sur les eaux minérales, nous allons passer à l'étude des eaux d'Oriol qui fait le véritable sujet de ce travail.

CHAPITRE II

HISTORIQUE DES EAUX D'ORIOL

A trois kilomètres de Mens, capitale de Triéves en Dauphiné, dans un vallon fertile se trouve le petit village d'Oriol. Nous sommes à 55 kilomètres de Grenoble et à quelques kilomètres de La Mure. Là jaillissent plusieurs sources. C'est de l'une d'elles, la source Auvergne, la seule qui ne soit pas complètement abandonnée actuellement, dont nous nous sommes occupé... Les eaux de ces sources sont depuis déjà fort longtemps classées parmi les eaux ferrugineuses bicarbonatées alcalines. Loin d'être les premières venues elles ont des lettres de noblesses qui datent de 1639. Grâce à un numéro du journal *Le Dauphiné* du 7 février 1879 qui nous est tombé providentiellement sous les mains, nous avons appris l'existence à la bibliothèque municipale de Grenoble d'une notice parue en 1639 et due à un enfant du pays : Pierre de Vulson, docteur en médecine et agrégé au Collège des Médecins de Grenoble. Nous avons tenu à prendre connaissance de ce petit opuscule intitulé : « L'ordre qu'il faut observer, en l'usage des eaux minérales acides, et surtout de celles des Auriols en Triéves et du Monestier de Clermont. Item à quelles personnes

elles sont profitables et à qui elles sont totalement préjudiciables ». Il nous a semblé qu'il nous serait profitable de l'analyser sommairement. Deux parties bien distinctes apparaissent à première lecture : l'une théorique qui est le reflet des doctrines humorales de l'époque, l'autre expérimentale et d'observation qui est de tous les temps et de tous les lieux. Qu'il me soit permis de citer quelques passages de la première partie ayant trait aux idées surannées de nos anciens sur les choses de la médecine et de la chimie. Ainsi s'agit-il de la saison pendant laquelle les baigneurs doivent prendre les eaux? Vulson la limite « depuis la my mai ou l'entrée du mois de juin, jusqu'à la my septembre ». Et voici les raisons qu'il en donne: « Les eaux sont plus remplies d'esprits au temps chaud et sec qu'en temps pluvieux et froid, et pour ce aussi elles sont plus aisées à digérer ; car comme il est trés vray que chaque chose ayme son semblable et l'attire, il y a une vertue aymantine chaude, spirituelle en l'air, qui attire les esprits des sources et les y fait abonder là où l'air froid et pluvieux les ressere et fait concentrer à la mine. »

Puis viennent des théories humorales dans le goût de celle-ci. Voulant abréger, nous vous ferons grâce du vieux français. P. de Vulson nous dit que les eaux d'Oriol doivent êtres prises à jeun, après une saignée si cela est nécessaire ; cela pour éviter le rejet des eaux rencontrant de l'obstruction du fait du bol alimentaire ou leur acheminement vers les reins alors qu'elles se seraient chargées des « phlegmes, crudités et viscuosités contenues dans l'estomach » qui

seraient autant de matières de calculs pouvant causer l'obstruction des voies urinaires.

Nous clôrons ce genre de citations par le bizarre commentaire que l'auteur donne de l'heureux effet du mélange de l'eau minérale des Auriols avec le vin pris au repas : « Quant à moy, je l'ay pratiqué souvent ainsi en moy-mesme sans incommodité, pour ce que je trouvay que les petits vins de Triéves estoient renforcez de beaucoup par le mélange de cette eau et leur verdeur se départoit. La raison en est de ce que j'aiy desja dit, que chaque chose aymant son semblable, s'vnit à elle et l'attire; ainsi les esprits de l'eau estant remis par ceux du vin, ils en sont fortifiez et augmentez, et ce vin, beu incontinent avant la dissipation des esprits conjoints, il est trouvé puissant et beaucoup meilleur qu'en son naturel. »

Poursuivons l'analyse de l'œuvre de Pierre de Vulson sur les eaux d'Oriol et quittons le domaine des théories surranées pour entrer dans la deuxième partie. Ici nous devons à la vérité de dire que P. de Vulson est un admirable observateur. Ses préceptes pour commencer une cure, la continuer et la finir, sont les mêmes que ceux que les médecins d'aujourd'hui s'efforcent de faire prévaloir auprès de leurs clients. Il fait prendre les eaux par quantité progressive et établit tout un programme pour une bonne cure qui fait penser à celui actuellement en vigueur à Royat, la grande station du cœur. Ne devait-on pas après avoir bu un demi-verre d'eau minérale faire 60 ou 70 pas, puis venir prendre un autre demi-verre. Enfin il recommandait aux malades de diminuer progres-

sivement la quantité d'eau jusqu'au dernier jour. Voilà, certes, de sages préceptes qui ne dépareraient pas un traité moderne sur la matière.

Et voici quelles étaient, d'après P. de Vulson, les maladies que guérissaient les eaux d'Oriol: « incommoditez de la rate, durtez ou inflammation au foie, durillons au mézentaire, pancréas et matrice, faiblesses et chaleur importunes aux reins ». Il voyait même en elle un élément de fécondité par leur action en injection sur la matrice et l'utérus de la femme.

N'oublions pas que ce docte écrit date de 1639; aujourd'hui et déjà depuis un siècle la composition chimique des eaux d'Oriol a été déterminée avec plus ou moins d'exactitude et il est possible à chacun de nous de donner d'après l'analyse leurs propriétés thérapeutiques. Mais au temps de P. de Vulson la physique et la chimie n'existaient pas à l'état de sciences et c'est par de longs tâtonnements et de sagaces observations qu'il fallait procéder pour arriver à poser avec quelques certitudes les indications et les contre-indications des eaux. Or P. de Vulson ne se trompait pas puisque, comme nous le verrons par la suite, les eaux d'Oriol sont justiciables des engorgements du foie et de la rate, des ganglions mésentériques, de l'anémie, de la chlorose et de la stérilité qui en dépend.

Nous clôrons ici l'analyse de Pierre de Vulson, mais nous tenons néanmoins à citer certains faits qui, au cours des siècles, ont rapport aux eaux dont nous nous sommes occupé. Les indigènes du pays nous ont raconté qu'il y a quelques cinquante ans il était d'usage traditionnel de faire une neuvaine en buvant des

eaux d'Oriol. On se purgeait deux fois durant la neuvaine, le deuxième et le huitième jour.

Le Docteur Baron, médecin à Allevard, auteur de l'article du journal *le Dauphiné* du 7 février 1869, dont nous avons déjà parlé, raconte qu'il tient de M. Ch. Revillout, professeur de littérature à la Faculté des lettres de Montpellier qu'un Borel de Ponsonnas guérit à Oriol ses blessures reçues pendant les guerres de religion. Les eaux d'Oriol auraient donc commencé à guérir les blessures de Mars avant de recevoir une appropriation plus conforme à leurs qualités.

Les Docteurs Nicolas et Trousset, à la fin du 18e siècle se seraient, dit-on, occupés des eaux d'Oriol; mais nous regrettons de n'avoir pu nous procurer leur travail.

Le 9 mars 1839, à une séance de la société de statistique de l'Isère, le docteur Leroy, professeur de chimie à la Faculté des Sciences, disait avoir analysé les eaux d'Oriol, et en posait nettement les indications thérapeutiques.

En 1840, le docteur Bailly, ancien président de l'Académie de Paris, à la suite d'une notice sur les eaux de La Motte, écrivait que les eaux d'Oriol étaient comparables aux eaux de Seltz et de Spa. Il disait les avoir prescrites à plusieurs personnes et n'avoir eu qu'à s'applaudir d'un tel conseil.

En 1843, M. le Docteur Pellaton, médecin à Mens, dans une notice sur les eaux minérales gazeuses, ferrugineuses et saines d'Oriol, établissait la valeur cli-

nique de ces eaux. Seize observations terminent ce travail sur lesquelles nous reviendrons.

Depuis lors, en matière d'eaux ferrugineuses, les eaux d'Oriol sont restées classées en un bon rang parmi leurs congénères. C'est à cette place qu'on les trouve dans le grand dictionnaire des eaux minérales, dans les traités spéciaux de MM. Durand-Fardel, Pétrecquin et Socquet. En 1873 dans le cours professé par le Docteur Gubler, à la faculté de médecine de Paris, Oriol méritait une honorable mention du savant professeur. Le Docteur Paul Blum, chargé de cours d'hydrologie thérapeutique et de climatologie à la faculté de Strasbourg, n'oublie pas de les mentionner et de les classer comme eaux reconstituantes dans son précis d'hydrologie. Il les met de suite après celles de Forges-les-Eaux.

Des eaux ayant suscité tant d'intérêt, ne pouvaient rester inconnues du public. En effet, dès le 17e siècle les médecins des environs, Mens, Corps, La Mure, Vizille, Grenoble, les ont tenues en haute estime et les ont largement prescrites à leurs malades.

Mais c'est surtout à la fin du siècle dernier, grâce à la sagacité commerciale et à la science de leurs exploitants, MM. Mugnier, pharmacien, et Besson, qu'elles connurent une grande notoriété. En effet, sous leur impulsion elles furent largement exploitées ; on en trouvait un dépôt à Paris et un à Lyon. En Algérie, elles eurent une grosse cote comme antipaludéen. Nous avons eu dans nos mains quelques-unes des différentes étiquettes qui furent apposées sur les bouteilles en ce temps de prospérité. Voici, à titre de

curiosité ce que nous y avons lu : « Recommandée par les médecins intelligents pour guérir les affections des voies digestives, l'anémie et en général toutes les maladies provenant de l'appauvrissement du sang ».

Mais à la mort de MM. Mugnier et Besson, vers 1900, les eaux d'Oriol furent abandonnées pour des raisons plus ou moins déterminées. Aujourd'hui la source Auvergne appartient à M. Pennequin Auguste qui en a recommencé l'exploitation et en vend quelques bouteilles comme eau de table après les avoir filtrées et renforcées au gaz même de la source. Cette eau est bue au même titre que les eaux de Vichy et elle a d'ailleurs la différence avec celle-ci qu'elle ne trouble pas le vin. Il nous a semblé au cours de notre travail, que les eaux d'Oriol méritaient mieux que d'être vendues comme eaux de table. Elles ont en effet fait leurs preuves au point de vue médical, et par l'intérêt qu'elles ont suscité depuis plusieurs siècles, elles méritaient que nous nous occupions d'elles. A notre avis, si elles sont restées à peu près inconnues, c'est parce que leurs différents propriétaires s'en sont désintéressés.

Nous tenons à faire remarquer que les sources d'Oriol n'ont aucun rapport avec le roman satyrique Mont Oriol, de Mautpassant. La source dont il s'agit dans ce livre a été créée de toute pièce par l'imagination de l'auteur près d'Enval, vers Châtel-Guyon, par une famille Oriol. Absolument aucun rapport avec notre sujet.

Nous avons cherché quels ont été les différents

propriétaires des eaux d'Oriol. Plusieurs sources furent exploitées, puis abandonnées au cours des temps; nous n'avons pu trouver leurs différents exploitants. En ce qui concerne la source Auvergne, elle tient son nom de son propriétaire M. Auvergne qui vécut au siècle dernier, et qui la légua en héritage à sa fille, Mme de Lavenna, actuellement âgée de 75 ans. Celle-ci avait acheté également la source Amélie qui appartenait à M. Durand-Savoyat ancien député qui lui-même la tenait de M. Bayle. Il avait acquis également la source Humbert en 1873. Actuellement, M. Pennequin à qui appartiennent toutes ces sources, n'en utilise qu'une, celle que les analyses lui ont faite choisir comme étant la plus apte à l'exploitation. Cette source fut autorisée par l'Etat avec l'approbation de l'Académie de Médecine le 19 février 1884.

Etudions maintenant les différentes analyses dont furent l'objet les eaux d'Oriol car toutes les sources ont sensiblement la même constitution. La première analyse faite sur la source Acaria qui actuellement n'est plus exploitée, émane de M. le Docteur Leroy, l'infatigable promoteur des eaux de l'Isère; elle date de 1834. Nous n'en donnerons pas ici la teneur car les travaux entrepris à cette époque-là, devaient en modifier les titres ferrugineux et gazeux. Mais, en 1843 une analyse fut faite par MM. Leroy et Gueymard; en voici les résultats :

Silicate d'alumine et de fer.....	0,0250
Bicarbonate de chaux.....	1,4845
Bicarbonate de magnésie.....	0,1623

Bicarbonate de fer	0,0953
Bicarbonate de soude	0,1580
Sulfate de chaux	0,0900
Sulfate de magnésie	traces
Sulfate de soude	0,010
Chlorure de sodium	0,024
Principe arsenical et Iode	non douteux
Gaz ramené par le calcul à une température de 0° et à 0,76 de pression :	
Acide carbonique libre et demi-combiné	1.213 cc.
Acide carbonique libre	920 cc.
Azote et oxygène ou air	40 cc.

En 1849, MM. Buissard et Breton, se livrant, au point de vue de la présence de l'arsenic, à des recherches sur les eaux minérales de la contrée signalent la présence de l'arsenic dans une des sources d'Oriol. Nous nous sommes attachés dans notre analyse personnelle à vérifier cette affirmation en ce qui concerne la source Auvergne, et nous verrons dans le cours de notre travail, que ce chimiste du siècle dernier avait raison.

En 1859, Mme de Bardonnanche, propriétaire alors des eaux d'Oriol, demande l'autorisation d'exploiter ses sources, et dans ce but, fait au ministre de l'Agriculture et du Commerce, l'envoi d'eau minérale prescrit par la loi. C'est alors que M. Ossian Henri, chimiste de l'Académie de médecine, expérimente les échantillons qui lui sont adressés. Mais son analyse suscita par la suite des remarques. En effet, le titre ferrugineux et gazeux est bien inférieur à celui qu'avait donné les analyses précédentes. On pensa alors à un mélange d'eaux, à un prélèvement mal

opéré, à une attente prolongée dans les bureaux du Ministère. Néanmoins, M. Ossian Henry, confirmait la présence dans l'eau d'Oriol du principe arsenical. Frappés de la discordance des analyses chimiques, MM. Mugnier et Bessot qui avaient acheté les sources, en 1872, chargèrent M. Ch. Lory, le savant doyen de la Faculté des Sciences de Grenoble, de faire une nouvelle analyse. Voici le résultat :

	Source Acaria	Source de Bardonnanche
Bicarbonate de soude.....	0,151	0,0656
Sulfate de soude.....	0,131	0,251
Chlorure de sodium.....	0,007	traces
Iodure de sodium.....	traces	traces
Bicarbonate de chaux.....	2,030	0,973
Bicarbonate de magnésie.....	0,149	0,089
Bicarbonate de Fer.....	0,0794	0,053
Bicarbonate de manganèse...	traces	traces
Total des principes minéraux.	2,5474	2,4316

Ces eaux ont montré toutes les deux au spectroscope des traces très sensibles de lithine.

Acide carbonique total par litre	3,414	3,419
Acide carbonique des carbonates supposés neutres.....	0,662	0,6305
Acide carbonique demi-combiné transformant les carbonates en bicarbonates.....	0,662	0,6305
Acide carbonique libre.....	2,090	2,158

Dans son analyse, M. Lory ne parlait pas de la présence de l'arsenic.

Voici enfin un aperçu et résultats d'analyse qui

figurait sur les étiquettes de l'eau d'Oriol, source Auvergne, au moment de sa grande exploitation.

Bicarbonate de Fer	0,038
Bicarbonate de magnésie	0,060
Bicarbonate de soude	0,090
Bicarbonate de calcium	1,163
Sulfate de soude	
Sulfate de calcium	0,070
Sulfate de magnésie	
Chlorure de sodium	
Silice	0,020
	1,441

Ces eaux étant exploitées, ont été et sont toujours analysées annuellement au point de vue bactériologique. Voici le texte de l'analyse faite en 1937, par l'école de médecine de l'Université de Grenoble :

ECOLE DE MEDECINE DE L'UNIVERSITE DE GRENOBLE

Service des Analyses bactériologiques d'eaux

ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE DE L'EAU :

Dite d'Oriol, source Auvergne, commune de Cornillon-en-Triève (Isère), prélevée au robinet de captage de la source dite n° 1 le 13 novembre 1937, à 15 h. 40 par le Dr Perrin (échantillons transportés en glace et ensemencés dès l'arrivée au laboratoire) en présence de MM. Pennequin père et fils.

1° *Analyse dite quantitative :*

a) Nombre de germes par centimètre cube : moins de dix, dont 0 chromogènes, 0 liquéfiants.

(La numération est rapportée au quinzième jour).

De la numération des germes, il résulte que, si l'on adopte les tableaux de Miquel, cette eau se place dans la catégorie de celles dites excessivement pures.

b) Nombre de moisissures par centimètre cube : deux.

c) Nombre d'anaérobies par centimètre cube : non trouvé.

Observations concernant l'analyse dite quantitative : néant.

2° *Analyse dite qualitative :*

a) Colimétrie et recherche des microbes dits de contamination : moins de dix et même moins de cinq microbes de ce genre par litre. (Résultats obtenus par la méthode des ensemencements en milieux au rouge neutre et en milieux phéniqués). (En tout cas 0 dans 100 cc.).

b) Espèces à signification spéciale (pathogènes, etc...) : non trouvés.

3° *Conclusion :*

L'eau prélevée par nous à la source Oriol, dite Source Auvergne, sise sur la commune de Cornillon-en-Trièves (Isère), est dans l'ensemble de bonne et même de très bonne qualité au point de vue bactériologique.

Ceci, bien entendu, pour le moment où la prise a été faite, 13 novembre 1937, et sans préjudice des conclusions des expertises géologiques ou chimiques.

Grenoble, le 20 décembre 1937.

Le médecin chargé des analyses bactériologiques d'eaux :

Signé : Dr Perrin

CHAPITRE III

ETUDE GEOLOGIQUE ET ORIGINE DE L'EAU D'ORIOL

Grâce à une notice qui accompagne l'analyse de M. Lory, nous avons pu donner ici une étude succincte de la géologie de la région où sourd la source que nous avons étudiée. Les eaux minérales d'Oriol sortent à la base sud-ouest de la colline de Thaud de schistes argilocalcaires noirs appartenant au terrain jurassique (probablement oolithique inférieur). Ces roches contiennent en moyenne à peu près la moitié de leur poids de carbonate de chaux et un peu de carbonate de magnésie; leur couleur noire est due à de petites quantités de matières charbonneuses et de sulfure de fer. Leurs couches sont dirigées du nord-ouest vers le sud-ouest, sous la série des étages jurassiques du bassin de Clelles. Sur l'autre versant de la colline de Thaud, les mêmes assises s'enfoncent de même à l'est sous les étages jurassiques moyens du bassin de Mens, de la montagne de Châtel et des montagnes de Tréminis. Nulle autre part dans les Alpes du Dauphiné le terrain jurassique n'est plus remarquable par l'extrême variété de petites veines métalliques spéciales dont il est traversé : on connaît l'or natif et le nic-

kel arséniaté de La Motte-les-Bains, le mercure sulfuré et le cuivre gris argentifère de Saint-Arey, la bournonite et la blende de Prunière, etc... La colline de Thaud, extrémité sud du même soulèvement, présente un fait unique jusqu'ici dans ces mêmes calcaires : un gisement de fer spathique assez considérable pour avoir donné lieu autrefois à des exploitations très étendues. Ce massif est donc traversé par un grand nombre de fissures anciennes, qui ont livré passage à des émanations métallifères diverses et il est naturel d'en voir sortir aussi des sources minérales très variées. Au nord les eaux de La Motte, chaudes et provenant sans doute d'une grande profondeur, empruntent probablement leur salure à des gisements de trias enfouis profondément sous les calcaires jurassiques; au sud les eaux d'Oriol, froides, chargées d'acide carbonique, de carbonates alcalins et de carbonate de fer se trouvent précisément dans le voisinage des veines de fer spathique du Thaud. L'arsenic et l'iode se rencontrent dans les unes et dans les autres. L'iode se montre aussi entre les deux dans une petite source sulfureuse qui jaillit au fond des gorges de l'Ebron, en face de Lavars, et qui provient encore du même massif jurassique inférieur.

Nous voilà donc amené à prendre parti sur l'origine de l'eau d'Oriol. Est-ce une source d'origine profonde, une source d'origine superficielle ou une source d'origine mixte ? Mais d'abord, que signifient ces termes. Voilà posée la grande question de l'origine des eaux minérales. Trop d'auteurs l'ont traitée pour que nous en parlions longuement ici. Nous donne-

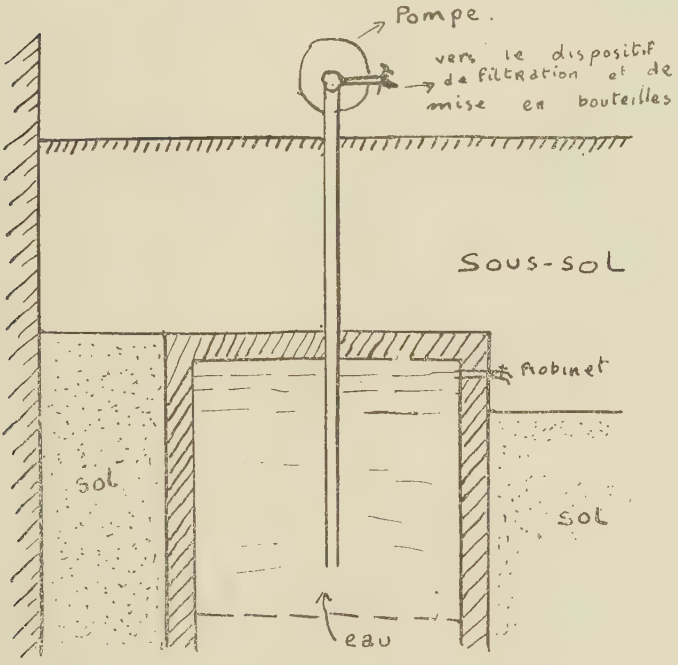
rons simplement un aperçu de la théorie d'Armand Gauthier actuellement acceptée. Pour ce savant, les eaux minérales sont, les unes d'origine ignée et proviendraient de la distillation des couches profondes de la terre, d'ou une grande pression exercée sur elles les feraient monter à travers les failles vers la surface du globe; d'autres seraient d'origine superficielle, c'est-à-dire qu'elles proviendraient de l'eau de pluie qui en s'infiltrant dissout les éléments minéraux qu'elle trouve sur son chemin, et qui d'ailleurs peuvent se modifier entre eux chimiquement. On reconnaît ces dernières à ce qu'elles sortent de failles ou de diaclases superficielles, et qu'on y trouve rarement des éléments métalliques qui caractérisent les grandes profondeurs. Enfin, certaines eaux sont d'origine mixte. Pendant leur parcours souterrain, les eaux des deux premières sortes se rencontrent et se mélangent avant de former des sources. Le choix de l'origine d'une source est délicat. Pour l'eau d'Oriol, il nous semble qu'elle est d'origine profonde car elle renferme du fer, de l'arsenic et d'autres éléments caractéristiques des grandes profondeurs. Mais d'un autre côté, elle est légèrement sensible quant au débit aux variations atmosphériques, contient une forte proportion de sels de calcium et ne sort qu'à 10°5; donc, l'hypothèse d'une origine mixte n'est pas à éloigner. Nous avons consulté à ce sujet M. Gleize, l'ingénieur qui a mis au point l'exploitation actuelle des eaux d'Oriol. Lui non plus ne prend pas parti et se contente de nous donner l'avis de l'ingénieur des mines Dubois qui, en 1876, chargé d'instruire les de-

mandes en autorisation, à fait intervenir la dislocation du sol qui s'étend des environs de Champs, près Vizille, vers le bourg de Mens. Il nous a donné également l'avis de MM. Jacquot et Wilhm qui considèrent les émergences des eaux d'Oriol comme étant essentiellement des sources de failles dont la minéralisation exceptionnelle est due à la présence des roches éruptives connues sous le nom de spilites, dont on trouve de nombreux pointements dans la région du grand Oriol.

CHAPITRE IV

CAPTAGE DE LA SOURCE AUVERGNE

La source Auvergne, ayant été exploitée jadis sur une grande échelle et l'étant encore actuellement, a été captée scientifiquement, c'est-à-dire que l'ingénieur qui a été chargé de ce travail a fait en sorte



d'assurer le meilleur débit et la meilleure minéralisation. Il a dégagé l'émergence de la source, et a fait un captage vertical ; l'eau sourd au fond d'une cuve en maçonnerie, hermétiquement fermée, ce qui évite l'action oxydante de l'air. Cette cuve est au fond du sous-sol. A sa partie supérieure existe un robinet. C'est à celui-là que nous avons prélevé l'eau afin d'analyse, car nous ne l'aurions eue ensuite qu'après filtrage, puisque M. Penequin, l'actuel propriétaire, ne vend cette eau que sous la dénomination « eau de table » et qu'il la renforce d'autre part au gaz carbonique de la source. De la cuve dont nous venons de parler, une pompe électrique la fait monter à la surface du sol dans un bâtiment aménagé pour la mise en bouteilles. Tout en étant simple, ce procédé de captage assure le propriétaire de la source de sa non contamination.

Le débit de la source est de 13 m3 par 24 heures. Sa température est de 10°5 lorsque la température extérieure est de 15°. Nous n'avons donc pas à faire à une eau thermale.

CHAPITRE V

FLOCULATION

Certaines eaux subissent dès leur arrivée au jour, des modifications dans leur état physico-chimique; elles perdent rapidement leur radio-activité, si elles jouissent de cette propriété, et commencent également à se troubler. C'est ainsi que les eaux bicarbonatées ferrugineuses, et c'est le cas des eaux d'Oriol, après avoir présenté l'aspect transitoire d'une sorte d'émulsion de rouille, laissent après quelques heures, déposer un précipité plus ou moins abondant, coloré en jaune. Si on décante l'eau qui surmonte le précipité, elle demeure définitivement limpide, mais elle est désormais privée d'une partie plus ou moins importante de ses composants d'origine. On conçoit dès lors, l'importance de ce phénomène pour l'embouteillage, la conservation et le transport de telles eaux dont la vente est très gênée, tant au point de vue thérapeutique, qu'au point de vue économique. Lorsque les eaux d'Oriol étaient expédiées jadis, et qu'on les employait au point de vue médical, les propriétaires des sources se résignaient à expédier les bouteilles avec un important dépôt au fond. Tel est le phénomène de la floculation. Nous allons étudier rapi-

dement quels en sont les tests qui permettent de distinguer rapidement et facilement une eau claire floculée d'une eau claire non floculée, et nous les appliquerons dans le cas de l'eau d'Oriol.

TESTS DE LA FLOCULATION — OXYDASES

On sait depuis déjà longtemps que certaines eaux minérales à la source donnent des réactions colorées qu'elles ne donnent plus par la suite. Ces réactions s'obtiennent principalement avec le gaïacol, l'émulsion de gaïac, la benzidine, le réactif de Meyer, soit seul (réaction directe), soit avec addition d'eau oxygénée (réaction indirecte). On les a attribuées à la présence dans les eaux minérales vivantes d'oxydases spéciales qui fixent l'oxygène sur les corps chimiques en les colorant, oxydases dont on n'a pas encore précisé la nature. Mais a-t-on à faire à de véritables oxydases ? Les avis sont divers:

M. Glénard. dans sa thèse, prétend que c'est l'oxyde de fer colloïdal se formant par dégagement du gaz carbonique au contact de l'air qui possède ce pouvoir catalytique.

M. Martinand, en 1903, dans un compte rendu à l'Académie des sciences, constatait que certains oxydes alcalins ou alcalinoterreux de même que certains carbonates peuvent donner les mêmes réactions.

M. Sartory, en 1911 et les années suivantes, dans des comptes rendus à la Société de Biologie, cite de nombreux sels agissant sur la benzidine. Il étudie

tout particulièrement l'hydroxydase et observe son action sur le pyrogallol, la benzidine, le gaïacol.

M. Frézénius a obtenu ces mêmes réactions avec des solutions artificielles de ferrobicarbonate et il considère la formation du bleu de benzidine comme une oxydation secondaire de l'ion ferreux.

M. Baudish, lui, croit que le pouvoir peroxydasique des eaux ferrugineuses est du « à un composé de fer existant dans les roches anciennes et ayant pris naissance sous l'influence d'une température élevée ».

Enfin, MM. Armand et Lescœur, au Congrès international d'hydrologie et de climatologie de Toulouse (1933), signalaient que ces réactions oxydasiques pouvaient servir de tests à la floculation.

1° Réaction a la Benzidine.

Nous avons utilisé le réactif suivant:

Benzidine.	1
Acide acétique.	10 cc.
Eau distillée qsp.	50

A la source, nous avons fait la réaction suivante :

10 cc. d'eau + 2 gouttes réactif + 1 goutte eau oxygénée. Nous avons obtenu ainsi une coloration bleue s'évanouissant par la suite. Nous avons laissé au laboratoire l'eau séjourner dans des récipients ouverts en les agitant de temps en temps et chaque jour nous avons refait la réaction précédente. Au bout de 14 jours, la coloration bleue ne s'est plus produite. C'est qu'en effet, comme l'affime Mlle Davoust dans sa thèse :

1° Une eau minérale complètement floculée ne donne pas cette réaction.

2° Une eau minérale qui ne contient pas de fer ne donne pas la réaction.

3° Pendant tout le temps de la floculation, la réaction diminue progressivement d'intensité jusqu'à s'annuler.

4° D'autre part, si une réaction négative dans une eau minérale prouve que la floculation est complètement terminée, une réaction positive ne prouve pas que la floculation n'a pas débuté.

2° Réaction au Gaïacol.

Réaction faite à la source suivant la technique de M. Fleury :

10 cc. d'eau minérale ont été additionnés de gaïacol, puis d'eau oxygénée; nous avons obtenu une coloration rouge qui se développait lentement; cette coloration est due à la formation de gaïacoquinone

$$4\left(C^6H^4\begin{<}{OH}{OCH^3}\right)+2O^2\longrightarrow\left(C^6H^3\begin{<}{O}{-OCH^3}\right)+4H^2O$$

Nous avons recommencé cette réaction au laboratoire tous les jours comme la précédente, et c'est 13 jours après le prélèvement qu'elle s'est avérée négative.

3° Réaction de Meyer.

Nous avons également utilisé le réactif de Meyer :

Potasse anhydre	20
Eau	100

Phtaléine.	2
Poudre de zinc.	10

et nous avons obtenu les mêmes résultats qu'avec les réactifs précédents. La coloration rose a disparu au bout du quatorzième jour. La réaction se fait de la manière suivante : 10 cc. d'eau à analyser sont additionnés de 5 cc. du réactif précédent et de 4 gouttes d'eau oxygénée à 12 volumes.

CONCLUSIONS

Il est donc certain que l'eau d'Oriol flocule, que cette floculation est terminée au bout du quatorzième jour, et qu'elle fait perdre sous forme de floculat une grosse partie de ses sels minéraux. Le floculat obtenu à l'air libre et d'après les tests précédents est de 0 gr. 123.

Pour obvier à cet inconvénient, nos dosages chimiques et nos mesures physiques, ont été faites dès l'arrivée au laboratoire autant que cela a été possible. Mlle Davoust a, en effet, montré dans sa thèse que la floculation influait sur la résistivité et sur l'indice de réfraction. Il serait trop long d'exposer ici le mécanisme de la floculation. Nous renvoyons pour l'étude de ce sujet à la thèse de Mlle Davoust sur « Quelques recherches sur la floculation des eaux minérales bicarbonatées ferrugineuses ». Néanmoins, il nous a semblé bon de donner ici quelques lignes extraites de ses conclusions :

« Sur de nombreuses eaux bicarbonatées ferrugineuses examinées, nous avons observé les mêmes phénomènes : rareté des colloïdes originels purs, précipitation des éléments en passant par le stade colloïdal, qui revêt une très grande importance et se révèle à l'ultramicroscope durant tout le temps de la floculation par de nombreux micèlles animées de mouvements browiens caractéristiques. »

Quoi qu'il en soit, on voit combien est grande l'importance de la floculation surtout dans le cas des eaux bicarbonatées ferrugineuses comme celles d'Oriol, et combien il est important d'étudier l'embouteillage pour remédier à ce phénomène. A cet effet, certains appareils ont été mis au point et c'est le cas de celui qui utilise le procédé Armand-Blanquet (brevet n° 799.655).

CHAPITRE VI

ETUDE CHIMIQUE

L'analyse physico-chimique d'une eau minérale étant très complexe, nous avons tenu à choisir un excellent guide et, pour ce faire, nous avons suivi dans les grandes lignes le précis d'hydrologie des professeurs Jadin et Astruc.

A. — OPERATIONS EFFECTUEES A LA SOURCE

Au griffon l'eau d'Oriol est parfaitement limpide, incolore et inodore. Elle présente une saveur astringente qui dénote la présence d'un sel ferrugineux. Abandonnée dans un verre, elle laisse apparaître une infinité de bulles gazeuses; l'agitation accroît ce dégagement. Non bouillie, elle présente une réaction acide, mais cette réaction due à l'acide carbonique est passagère et fait place après ébullition à une légère réaction alcaline. En peu de temps au contact de l'air, ces eaux se troublent, perdent leur transparence et déposent une matière sédimenteuse sensiblement jaunâtre. Il se forme également à la surface un dépôt pelliculaire. L'analyse démontre que ces phé-

nomènes sont dus à la transformation des sels ferreux en sels ferriques par oxydation de l'air.

1° Prélèvement effectué le 12 aout 1940, a 17 heures 35.

Température de l'air : 15°5.
Température de l'eau: 10°5.
Pression atmosphérique: 0,77.

2° Essais de quelques réactions chimiques.

Réaction au tournesol : légèrement acide avant ébullition; alcaline après ébullition.

Eau + acide = dégagement de CO^2, donc eau bicarbonatée.

Eau + eau de baryte = précipité abondant, donc eau bicarbonatée mixte.

Eau + NO^3Ag = très léger trouble, donc présence de Cl à faible dose.

Eau + $Fe\,Cy^6\,K^4$ + NO^3H = coloration verdâtre : eau ferrugineuse.

Eau + tanin = coloration brune : eau ferrugineuse.

3° Fixation de l'acide carbonique.

En vue de son dosage au laboratoire, nous avons fixé l'acide carbonique. Pour cela, on opère de la manière suivante : dans un flacon de 500 cc. bouché à l'émeri, on met 10 cc. d'ammoniaque + 10 cc. de chlorure de baryum + 480 cc. d'eau minérale.

4° Prélèvement.

Nous avons prélevé à fin d'analyse, deux bonbonnes de 10 litres bouchées émeri. Ces récipients avaient été rincés préalablement à l'acide sulfurique étendu de son volume d'eau, puis au permanganate de potasse additionné d'acide sulfurique. Enfin, plusieurs fois à l'eau distillée et deux fois avec l'eau même qui était l'objet du prélèvement. Cette eau a été recueillie au robinet qui se trouve au sommet de la citerne, robinet qui a été flambé et que nous avons laissé couler 10 minutes avant de faire notre prélèvement. Les récipients ont été remplis jusqu'au bord et le bouchon émeri effleurait la surface du liquide, de sorte qu'aucune trace d'air ne se trouvait dans le récipient.

Nous avons également prélevé le même jour deux ampoules d'eau afin d'analyse bactériologique. Nous nous sommes servi d'ampoules de 100 cc. stérilisées; elles possédaient deux robinets. La partie inférieure a été reliée par un caoutchouc stérilisé à l'ébullition au robinet d'eau. Les deux robinets ouverts, nous avons rempli l'ampoule et laissé couler un moment par le robinet supérieur pour avoir la certitude que l'air avait été chassé. Ces ampoules, hermétiquement fermées et paraffinées, furent ensuite transportées dans notre laboratoire dans une caisse zinguée intérieurement et contenant de la glace.

B. — OPERATIONS EFFECTUEES AU LABORATOIRE

1° Essais de potabilité.

Bien que ces essais ne s'avéraient pas indispensables, puisque l'Académie de Médecine avait autorisé l'exploitation de la source, nous avons tenu néanmoins à les pratiquer. Nous passerons ici rapidement sur ceux qui feront l'objet d'une étude plus approfondie dans le cours de ce travail.

a) Caractères organoleptiques.

Eau limpide, incolore, de saveur agréable et astringente, ne présentant aucune altération au bout de deux jours d'étuvage à 30°, si ce n'est un léger dépôt de sels ferriques.

b) Chlorures.

100 cc. eau + 3 cc. solution de CrO^3K + 1 cc. NO^3Ag à 1,45 %. La solution reste rouge. La quantité de NaCl est donc inférieure à 50 mmg. Nous la doserons par la suite.

c) Matières organiques.

100 cc. eau + 5 cc. solution de bicarbonate de soude saturée + 2 cc. 5 de permanganate de potasse à 0,395 ‰. Ebullition 10 minutes. Non décoloration. Donc eau potable en ce qui concerne les matières organiques. Nous reviendrons d'ailleurs également sur ce sujet.

d) Sulfures.

Nous avons utilisé les deux réactions suivantes qui ont été toutes les deux négatives.

1° Suspendre dans l'atmosphère du ballon contenant l'eau à analyser un papier imbibé d'une solution d'acétate de Pb. Si sulfures, coloration noire en présence d'H^2S.

2° Eau traitée par une solution de nitroprussiate de soude et additionnée de soude, se colore en violet s'il y a présence de sulfures.

e) Nitrites.

Deux réactions nous ont servi et elles ont été négatives :

1° Réaction de Griess.

Basée sur le fait que l'acide para-amino-phénylsulfonique donne par diazotation en présence de quelques gouttes et de traces de nitrite, l'acide diazobenzène, lequel produit avec la naphtylamine un colorant allant du rose faible au rouge rubis, suivant la quantité de nitrite en présence.

Technique : 5 cc. eau + 2 cc. réactif A + 2 cc. réactif B = coloration rouge si présence de nitrite.

2° Réaction de Tromsdorff.

100 cc. eau + 3 cc. réactif de Tromsdorff (à l'iodure de zinc) + 1 cc. acide sulfurique au 1/3 en volume = coloration bleue si présence de nitrite.

f) Degrés hydrotimétriques.

Seront l'objet d'une étude plus approfondie un peu plus loin.

g) Nitrates.

Réaction de Grandval et Lajoux : négative.

L'acide sulfurique du réactif sulfophénique donne avec l'acide phénique de l'acide nitro-phénol-disulfonique dont le sel ammoniacal possède une coloration jaune.

Technique :

1° Evaporer au bain-marie bouillant 100 cc. d'eau à siccité. Laisser refroidir.

2° Traiter le résidu par 1 cc. de réactif sulfophénique en mélangeant au moyen d'une baguette en verre à bout arrondi.

3° Ajouter 100 cc. d'eau distillée puis un excès d'ammoniaque.

4° Coloration jaune plus ou moins intense si présence de nitrates dans l'eau.

2° Analyse qualitative et quantitative.

Dans cette partie de notre travail, dans le but d'être plus clair, nous exposerons d'abord les méthodes que nous avons employées et ensuite nous donnerons nos résultats.

Détermination du résidu.

1° Résidu à sec à 110° = matière minérale et organique.

Dans une capsule de porcelaine lavée à SO^4H^2 et rincée à l'eau distillée, puis séchée et tarrée, on évapore au bain-marie bouillant un litre d'eau par pe-

tites quantités. Au début de l'opération on recouvre la capsule d'un verre de montre. Après évaporation complète on lave l'extérieur de la capsule avec HCl additionné de son volume d'eau. On essuie et on lave à l'eau distillée. Puis on dessèche le résidu à l'étuve à 110° durant 4 heures. On laisse refroidir dans un déssicateur et on pèse.

2° Résidu fixe à 180° = matières minérales fixes.

Le résidu sortant de l'étuve est porté au rouge jusqu'à obtention de cendres blanches. Chauffer doucement de préférence dans un bain de sable dont on élève lentement la température pour éviter les projections et la dissociation des composés minéraux à acides volatils (chlorures, carbonates). On laisse refroidir et on pèse. C'est dans ce résidu que sont ensuite dosé la silice, la chaux, la magnésie et le fer.

Acide carbonique.

L'acide carbonique se rencontre dans les eaux minérales sous trois formes différentes : à l'état libre (simplement dissous dans l'eau) à l'état demi-combiné (bicarbonates alcalins et terreux); à l'état réellement combiné (carbonates alcalinoterreux et alcalins).

1° *Acide carbonique total.*

Un certain poids d'eau minérale traitée à la source même, comme nous l'avons déjà dit, part du chlorure de Ba ammoniacal a donné un précipité composé d'un mélange de carbonate et de sulfate de Ba. Ce précipité est recueilli, lavé, traité par l'acide chlo-

rhydrique, qui dissout le carbonate de Ba. Cette solution est précipitée par l'acide sulfurique. Le sulfate de Ba est recueilli, lavé et pesé. Du poids du Ba on déduit la quantité de CO^2 qui se trouvait à l'état de carbonate de Ba. Pour avoir l'acide carbonique total, il faut tenir compte, si l'eau contient du carbonate de Ca, de ce qu'il précipite en même temps que le carbonate de Ba. La liqueur chlorhydrique contiendra donc du chlorure de calcium qui, traité par l'acide sulfurique. donne du sulfate de Ca en dissolution dans les eaux de lavage. Ces eaux de lavage sont additionnées d'ammoniaque. On recueille le précipité d'oxalate de Ca, qui est pesé à l'état de carbonate. De ce poids on déduit la quantité d'acide carbonique précipité à l'état de carbonate de calcium. Ce poids est ajouté à celui trouvé ci-dessus. Soit T acide carbonique total.

2° *Acide carbonique libre et demi-combiné.*

On précipite l'acide carbonique libre et demi-combiné par l'eau de chaux titrée en excès et en présence de chlorure de calcium. D'après la formation du précipité on détermine cet excès au moyen de l'acide oxalique ; on en déduit la portion de $Ca(OH)^2$ combinée et partant la quantité de CO^2 à laquelle elle correspond, soit P l'acide carbonique libre et demi-combiné.

3° *Acide carbonique combiné.*

L'acide combiné comprend celui que nous pouvons considérer à l'état de sel neutre; il s'obtient en

retranchant la quantité l'acide libre et à demi-combiné du total d'acide carbonique.

Mais cet acide carbonique combiné est uni à une deuxième molécule de CO^2 pour former avec la chaux et la magnésie des bicarbonates solubles, et avec la soude, du bicarbonate sodique. Il s'en suit que l'acide combiné est égal à l'acide demi-combiné. Soit D l'acide carbonique à demi-combiné (qui est égal donc à l'acide combiné).

4° *Acide carbonique libre.*

Si de la quantité de CO^2 libre et à demi-combiné, on retranche la portion de CO^2 complètement combinée, on obtient la teneur de l'eau en acide carbonique libre. Soit L acide carbonique libre.

On a donc :

Acide carbonique total = T.
Acide carbonique combiné ou à demi-combiné = D.
Acide carbonique libre = P-D = L.

DEGRÉS HYDROTIMÉTRIQUES.

Principe de la méthode. — Cette méthode permettant de se renseigner sur la quantité de sels alcalino-terreux et d'acide carbonique que contient une eau, est basée sur le fait suivant : une solution hydro-alcoolique de savon a la propriété de former avec les sels terreux des composés insolubles; la dissolution du savon ne se produit qu'ensuite et se manifeste par une mousse persistante après agitation. De la quantité de savon employée, on évalue la « dureté » de l'eau, c'est-à-dire la quantité de sels alcalino-terreux et de CO^2 qu'elle contient.

On définit : un degré hydrotimétrique correspond à une partie de calcium dans 100.000 parties d'eau. D'où un degré hydrotimétrique correspond à un centigramme de CO3 Ca par litre.

L'hydrotimétrie nécessite l'emploi d'une burette et d'une liqueur savonneuse spéciale.

La préparation de la liqueur savonneuse est trop longue à décrire et elle se trouve dans tous les manuels d'hydrologie.

a) *Degré hydrotimétrique total* (chaux), magnésie, CO^2).

Mesurer 25 cc. d'eau dans un verre à expériences. Ajouter 1 cc. de liqueur hydrotimétrique; agiter, si l'eau prend une teinte opaline sans formation de grumeaux, faire l'essai direct sur 40 cc. d'eau. Sinon diluer autant qu'il le faudra pour que la dissolution du savon se produise convenablement. Cette opération préliminaire une fois effectuée, l'essai définitif peut être réalisé. Verser dans le flacon hydrotimétrique 40 cc. d'eau, ajouter à la burette la liqueur de savon, en agitant chaque fois. Quand on a une mousse d'un demi-centimètre d'épaisseur, et persistant 5 minutes, l'opération est terminée. Le nombre de divisions de la burette qui a été vidée représente le degré hydrotimétrique total.

b) *Degré hydrotimétrique total moins la chaux.*

50 cc. d'eau dans un flacon + 2 cc. d'oxalate d'ammonium à 1/60. Laisser en contact une demi-heure pour obtenir un précipité d'oxalate de calcium. Fil-

trer et opérer sur la liqueur comme pour le degré hydrotimétrique total.

c) *Degré hydrotimétrique permanent.*

Eau bouillie, c'est-à-dire débarrassée de CO^2 et de CO^3Ca.

200 grs d'eau bouillie 1/2 heure pour précipiter les carbonates. Compléter à 200 cc. avec de l'eau distillée et filtrer. Verser 40 cc. dans le flacon hydrotimétrique et opérer comme précédemment.

d) *Degré hydrotimétrique permanent moins la chaux.*

50 grs de l'eau qui a servi pour l'essai précédent + 2 cc. d'oxalate d'ammonium pour précipiter les sels de chaux autres que les carbonates. Filtrer. Et exécuter les mêmes opérations que précédemment.

Interprétation des résultats.

Soient :

a) = degré hydrotimétrique total,
b) = — — — moins la chaux;
c) = — — permanent;
d) = — — — moins la chaux.

Schématiquement on peut représenter les résultats de ces opérations comme suit :

a) = CO^2 + CO^3Ca + autres sels de Ca ;
b) = CO^2 + sels de magnésie ;
c) = autres sels de Ca + sels de Mg;
d) = sels de magnésie;

d'où il découle :

degré représentant $CO^2 = b\text{-}d$;
— — $CO^2Ca = a\text{-}c - b\text{-}d$;

— — autres sels de Ca = c-d ;
— — sels de Ca en totalité = a-b ;
— — sels de magnésie = d.

Le tableau suivant permettra de chiffrer ces valeurs : il suffira de multiplier le degré hydrotimétrique par les valeurs suivantes :

CO^2	0,0099
CO^3Ca	0,0103
Autres sels de Ca (en SO^4Ca)	0,0140
MgO	0,0042
CO^3Mg	0,0088
$CaCl^2$	0,0144
SO^4Mg	0,0125
SO^4	0,0082
NaCl	0,0120
Cl	0,0073

ALCALINITÉ.

Ou degré alcalimétrique de Bonjean, s'exprime en CO^3Ca.

20 cc. eau dans une capsule + 10 cc. SO^4H^2 N/10, puis 3 à 4 gouttes de solution alcoolique de phénolphtaléine. Porter à l'ébullition pour chasser CO^2 libre. A l'aide d'une burette graduée on ajoute NaOH N/10. Le nombre de cc. employés diminué de 0 cc. 2 puis multiplié par 0,03 donne en CO^3Ca et par litre le degré alcalimétrique de l'eau.

Mais actuellement la détermination de l'alcalinité d'une eau doit tenir compte du degré de dissociation du milieu; l'alcalinité se manifeste par la prédominance dans l'eau minérale d'ions OH libres. Et la dé-

termination de cette concentration, autrement dit, la mesure du pH de l'eau minérale doit être réalisée. Nous étudierons cette mesure dans le chapitre de l'analyse physique.

Matières organiques.

On désigne sous ce nom un grand nombre de substances dissoutes, excessivement variable suivant les cas, s'oxydant facilement et disparaissant au rouge sombre. Une eau en contenant une proportion notable est un milieu favorable à la culture des microbes. Comme on ne peut les doser exactement on a convenu de compter comme matières organiques le poids d'oxygène emprunté au permanganate de potasse par un litre d'eau. Le laboratoire municipal de Paris interprète les résultats comme suit :

par litre en mmg.	eau très pure	eau pure	potable	suspecte	mauvaise
en MnO^4K 0,50 0/00	$<$2 mmg.	2 à 4	4 à 12	$>$12	$>$20
en O			$<$2 mmg.	3 à 4	$>$4 mmg.

1° Technique en milieu acide :

Dans un erlenmeyer de 250 cc. mettre 100 cc. d'eau, 10 cc. SO^4H^2 à 25 % en volume et 10 cc. MnO^4K à 0,395 ‰. Porter à l'ébullition pendant 10 minutes à partir du début de l'ébullition. Laisser refroidir une demi-heure. Ajouter 10 cc. de sulfate ferreux ammoniacal.

Dans un autre erlenmeyer de 125 cc. mettre 50 cc. d'eau, 5 cc. d'acide sulfurique au quart, 10 cc. de MnO^4K à à 0,395 ‰. Porter à l'ébullition pendant 10

minutes. Laisser refroidir une demi-heure et ajouter 10 cc. de sulfate ferreux.

Les opérations doivent être menées simultanément dans les deux erlenmeyers.

L'addition de sulfate ferreux doit décolorer les deux liquides.

Dans chacun d'eux on fait tomber gouttes à gouttes une solution de permanganate à 0,395 ‰.

Soit N cc. de MnO^4K pour le premier erlenmeyer,

n cc. de MnO^4K pour le deuxième erlenmeyer.

2° Technique en milieu alcalin.

Mettre dans un erlenmeyer de 250 cc. 100 cc. d'eau, 10 cc. de solution saturée de bicarbonate de soude et 10 cc. de permanganate de potasse. Ebullition, refroidissement. Ajouter 20 cc. de SO^4H^2 à 50 % en volume.

Dans un deuxième erlenmeyer de 125 cc., mettre : 50 cc. d'eau, 5 cc. solution saturée de bicarbonate de soude, 10 cc. de permanganate de potasse. Ebullition 10 minutes. Refroidissement. Ajouter 10 cc. SO^4H^2 à 50 % et 10 cc. de solution de sulfate ferreux ammoniacal. Faire tomber MnO^4K jusqu'à coloration rose. Soit N' et n' le nombre de cc. de MnO^4K trouvés.

Résultat :

N-n et N'-n' = oxygène consommé par 50 cc.

(N'-n')-(N-n) = matières organiques en mmg. d'O par litre.

Quand le résultat trouvé en solution alcaline est supérieur au résultat en solution acide, cette différence est ordinairement le caractère d'une eau souillée par infiltration de matières d'origine animale ou excrémentielle.

Dosage de l'oxygène dissous.

Pour doser l'oxygène dissous, nous avons employé la méthode ferrosomanganimétrique de Mohr, modifiée par Albert Lévy. Elle repose sur le principe suivant : si dans l'eau rendue alcaline par la potasse on verse un volume déterminé de sulfate double ferro-

ammoniacal, il se forme du sulfate de potasse et l'oxyde ferreux précipite. Ce protoxyde de fer en présence de l'oxygène dissous l'absorbe et se transforme partiellement en sesquioxyde. La quantité de protoxyde de fer transformé permet de calculer le poids de l'oxygène dissous dans l'eau.

Technique: On se sert d'une pipette spéciale munie de deux robinets à ses extrémités et d'un tube entonnoir à la partie supérieure. Le volume V compris entre les deux robinets est connu. Voici som-

mairement les opérations que l'on a à effectuer. Remplir la burette. Verser par l'entonnoir 2 cc. de KOH à 10 %. Pour faire rentrer la potasse il faut vider 2 cc. d'eau par le bas. Puis on verse par le même procédé 4 cc. de solution de sel de Mohr à 2 %. Il se forme un précipité d'hydrate ferreux. Agiter. Laisser en contact. Ajouter 5 cc. SO^4H^2. Inutile d'ouvrir le robinet du bas car SO^4H^2 est plus dense que l'eau et descendra. On retranchera par le haut l'eau qui montera. Verser ensuite dans un verre et doser par MnO^4K N/100.

Il faut avoir un témoin avec de l'eau distillée bouillie. On fait la différence des deux résultats pour avoir le résultat final.

$$Fe'' \longrightarrow 1/2 \text{ at. gr. O} \longrightarrow \frac{11 \text{ litres}}{2} 2 = 5 \text{ litr. } 680.$$

Dosage du chlore.

Il faut d'abord éliminer l'iode susceptible de se rencontrer dans l'eau minérale. Pour cela on opère par l'acide sulfurique nitreux.

1° *Méthodes volumétriques.*

Si l'eau est supposée faible en chlorures, on en concentre un certain volume et on opère par la méthode de Mohr ou par celle de Charpentier-Vohlard.

A. — Méthode de Mohr.

Dosage par NO^3Ag N/10 en milieu neutre avec CrO^4K^2 comme indicateur.

$NO^3Ag + ClNa = ClAg + NO^3Na$.

$NO^3Ag + CrO^4K^2 = CrO^4Ag^2 + 2\ NO^3K$.

B. — Méthode de Charpentier-Vohlard.

Dosage d'un excès de NO^3Ag par ScyAm (Sulfocyanate d'ammoniaque) avec comme indicateur l'alun de fer $SO^4Am\ (SO^4)\ 3\ F^2 + 24\ H^2O$.

$SCyAm + NO^3Ag = SCyAg + NO^3Am$.

SCyAg agira sur l'indicateur en donnant une coloration rouge.

2° *Méthode par pesée.*

Les méthodes volumétriques marchent mal avec les eaux acidulées ou alcalines. Il vaut mieux opérer par pesée. Dans un vase en verre de Bohême, concentrer un certain volume d'eau. Aciduler par NO^3H et verser un excès de NO^3Ag. Ebullition. Le précipité de chlorure d'argent se rassemble. On le recueille sur un filtre, on le lave à l'eau chaude, on le dessèche et on le calcine jusqu'à fusion dans une capsule en porcelaine. Ce poids multiplié par 0,2474 donne la quantité de chlore qui se trouve dans le volume d'eau mis en œuvre.

Dosage de l'iode.

Eau concentrée à 1 % additionnée d'amidon et d'acide nitrique nitreux donne une coloration plus ou moins bleu violet suivant la concentration. Simple coloration rose si simplement quelques traces.

Dosage de l'acide sulfurique.

Evaporer à siscité 4 litres d'eau en présence de l'acide chlorhydrique. Calciner le résidu. Dans ce

résidu on pourra doser l'acide sulfurique et les métaux alcalins.

Pour l'acide sulfurique, on épuise le résidu à l'eau chaude et la liqueur est précipitée par du chlorure de baryum. Le sulfate de baryum est alors recueilli et pesé. On en déduira le poids de SO^3. La liqueur filtrée sert au dosage des métaux alcalins.

SO^3 = poids du précipité $\times$ 0,3434.

Dosage de la silice.

Dix litres d'eau sont évaporés par petites quantités à la fois en présence d'HCl pour décomposer les silicates. Le résidu formé est desséché à 130° pendant une heure. Après quoi, on ajoute quelques gouttes d'HCl de manière à former une masse demi-fluide qu'on laisse reposer une heure (toutes ces précautions sont prises afin d'insolubiliser complètement la silice). Cela fait, on porte de nouveau au bain-marie, et l'on ajoute 50 cc. d'eau bouillante; on laisse reposer et l'on filtre le liquide surnageant à travers un papier Berzélius. On recommence de même en ajoutant de l'acide chlorhydrique et de l'eau chaude et cela plusieurs fois de suite pour bien dissoudre tous les sels métalliques, la silice restant seule insoluble. On la recueille sur le filtre. On dessèche. On calcine et on pèse rapidement pour éviter l'absorption de l'eau atmosphérique par la silice. On obtient ainsi SiO2.

Dosage du Fer.

Le liquide séparé par filtration de la silice sert à

doser le fer puis le calcium et la magnésie. Addition de quelques gouttes d'acide nitrique à chaud. L'oxyde de fer est précipité par du chlorure d'ammonium à 20 % et par un excès d'ammoniaque. Le fer et l'alumine sont précipités à l'état d'hydrates. On filtre. Le précipité une fois lavé est dissout dans HCl. On traite par KOH en excès qui précipite le fer et redissout l'alumine s'il en existe. Filtrer. Recueillir l'hydrate ferrique imprégné de potasse. Pour le débarrasser de cette potasse, on le redissout dans HCl dilué et on le reprécipite par l'ammoniaque. On peut alors le laver rapidement, le calciner et le peser. On obtient Fe^2O^3.

Dosage du Calcium.

La liqueur recueillie après la séparation du fer et de l'alumine est étendue d'une quantité suffisante d'eau pour avoir un volume de 125 cc. Précipiter alors le calcium par l'oxalate d'ammonium à 10 %. Précipitation faite à l'ébullition pendant quelques minutes afin d'éviter complètement la précipitation d'oxalate de magnésie. Décanter en faisant passer l'eau sur un filtre, jeter le précipité sur ce filtre. Laver à l'eau bouillante. Les liqueurs filtrées serviront pour la suite des dosages. On peut alors sécher, calciner et peser.

On dissoudra le précipité d'oxalate dans SO^4H^2 à 1/5. Effectuer alors un dosage manganimétrique en versant une solution de MnO^4K N/10 dans la solution chaude d'acide oxalique.

Un centimètre cube MnO^4K N/10 correspond à 2 mmg. de Ca ou à 2 mm. 80 de CaO.

Dosage du Magnésium.

La liqueur, débarrassée du calcium, dont le volume ne doit pas dépasser 100 cc. est additionnée de 5 cc. d'ammoniaque et de 10 cc. de chlorure d'ammonium à 20 % et de 10 cc. de phosphate d'Am. à 10 %. Il se forme un précipité de phosphates ammoniacaux magnésiens par agitation pendant quelques minutes. Laisser reposer 12 heures. Recueillir le précipité sur un filtre, le laver à l'eau ammoniacale au quart. Le sécher et le calciner dans une capsule tarée. Du poids de ce pyrophosphate de magnésie, on déduit le poids de la magnésie.

1 gr. de ce sel correspond à 0 gr. 3603 de MgO.

Potassium et Sodium.

On se sert de la liqueur provenant du dosage de la magnésie. Evaporer (après vérification qu'il n'y a pas d'acide phosphorique). Calciner légèrement pour volatiliser les sels ammoniacaux. Reprendre par HCl étendu qui transforme la potasse et la soude en chlorures. Dissoudre dans un peu d'eau distillée. Traiter alors par une solution à 1/10 de chlorure de platine; il se formera un précipité de chloroplatinate de potasse. Evaporer jusqu'à siccité. Reprendre le résidu par de l'alcool à 75°. Laisser en contact en vase couvert. Le sel de sodium reste dissous et le chlorure double de platine et de potassium se sépare sous forme de paillettes cristallines. Laisser reposer. Décanter. Laver le précipité sur un filtre par l'alcool à 75° jusqu'à ce que celui-ci s'écoule clair. Le filtre a été

préalablement séché et taré. Le dessécher alors avec le précipité. Peser le tout. Le poids de chloro-platinate trouvé multiplié par 0,1936 donne le poids de la potasse K20. Si on multiplie par 0,305, on a KCl.

Doser alors la soude dans la solution hydroalcoolique ci-dessus. Vaporiser l'alcool au bain-marie. Eliminer le platine en excès par H^2S. Filtrer. Evaporer la liqueur en présence de quelques gouttes de SO^4H^2. Calciner le résidu pour chasser tout le chlore et peser le sulfate de soude formé. Soit P le poids trouvé.

P trouvé multiplié par 0,4366 = Na20.

Dosage du Manganèse.

Méthode colorimétrique. — Evaporer 4 litres d'eau. Résidu additionné d'acide sulfurique dilué. Chauffer à siccité pour chasser le chlore. Les sels ainsi transformés en sulfate sont dissous dans quelques centimètres cubes de NO^3H au quart. Ajouter quelques gouttes de NO^3Ag à 1/10 et quelques centigrammes de persulfate de potasse. Le manganèse prend alors la coloration caractéristique des permanganates avec d'autant plus d'intensité que la teneur de l'eau est plus élevée. Comparer avec des tubes témoins contenant des quantités déterminées de manganèse et traitées de la même manière.

Dosage de l'Arsenic.

De nombreux auteurs depuis 1839 ont recherché l'arsenic dans les eaux minérales. Les principaux sont Tripier (1839), Figuier (1846), Chevallier Barthez

(1849), Nivet (1850), Bousquet (1854), Rigout (1854), Henry (1855), Lefort (1875), Byasson (1881), Carnot (1895), Gauthier (1903), Diénert (1912), Meillière (1913). Enfin Gribier en 1921 posa dans sa thèse « Sur la recherche de l'As disséminé dans les médicaments chimiques » les principes d'une nouvelle méthode qui devait faire une révolution dans les procédés de dosage de l'arsenic. Delépine et Léonardon ont apporté en 1925 quelques modifications pratiques qui en facilitent l'emploi. Elles reposent sur l'action exercée par AsH^3 provenant de l'attaque des dérivés arsenicaux de l'eau par l'hydrogène naissant ($SO^4H^2 + Zn$) sur un papier au sublimé qui après réaction est traité par une solution de IK à 10 %.

$$6\ HgCl + AsH^3 = 3\ Hg^2Cl + As + 3\ HCl$$

Il se développe sur le papier une coloration brune qui est comparée avec une échelle étalon formée de bandes de papier correspondant à des quantités connues d'As. Dans le cas d'une eau ferrugineuse le dépôt de Fe^2O^3 peut entraîner une partie de l'arsenic et il faut le doser dans ce dépôt. Cribier a exposé une description détaillée de sa méthode dans sa thèse et Delépine et Léonardon les modifications qu'ils y ont apportées dans les annales d'hydrologie en 1925.

On peut également employer la méthode de March.

Evaporer 10 litres d'eau. Traiter le résidu par un mélange de SO^4H^2 et de NO^3H. Evaporer jusqu'à émission de fumées blanches. Etendre avec un peu d'eau distillée et introduire dans un appareil de March très sensible.

Les principes de la méthode de Marsh sont les suivants :

a) Les dérivés oxygénés de l'arsenic et son dérivé chloré sont réduits par l'hydrogène naissant qui les transforme en hydrogène arsénieux gazeux.

b) L'hydrogène arsénié est dissocié par la chaleur au rouge sombre en ces éléments : $AsH^3 = H^3 + As$. Si cette dissociation a lieu dans un tube suffisamment long, chauffé en un de ses points seulement et parcouru par un courant d'hydrogène, l'arsenic, qui prend naissance au point chauffé, se condense dans la partie froide en formant un miroir métallique gris ou noir.

Par cette méthode et par la précédente nous avons essayé de doser l'arsenic dans l'eau d'Oriol. Nous avons constaté la présence absolument certaine de cet élément mais à dose très faible. Afin d'avoir un élément de comparaison nous avons opéré également avec des témoins préparés avec de l'eau bi-distillée et contenant des doses très faibles d'arséniate de soude.

D'UNE EAU MINERALE
CONSTITUTION DE LA FORMULE

Lorsque l'on a dosé les divers éléments basiques et acides d'une eau minérale on peut essayer de constituer une formule, mais on ne pourra alors donner que des résultats hypothétiques. L'analyse en effet n'indique pas la nature des sels contenus dans l'eau. On

connaît seulement le poids total des divers éléments. On admet cependant certaines règles pour l'interprétation des résultats analytiques. On suppose que les acides et les bases s'unissent d'après leurs affinités relatives, c'est-à-dire que les bases fortes (soude, potasse, chaux, magnésie) s'allient aux acides les plus puissants (acide sulfurique acide chlorhydrique). On cherche autant que possible à ce que la soude soit comptée en chlorure et la chaux en sulfate ou carbonate, de même que la magnésie et le fer. L'acide carbonique restant est compté à l'état libre. Toutes ces combinaisons sont établies en tenant compte des poids atomiques et les résultats en sels anhydres sont rapportés à un litre.

Les résultats que nous donnerons seront exprimés en éléments et non en sels.

CHAPITRE VII

ANALYSE PHYSIQUE

1° Densité.

Méthode du flacon à densité.

Cette méthode est simple et nous ne la décrirons pas ici. Elle est exposée dans tous les manuels de physique.

2° Détermination du pH.

Le pH (potentiel hydrogène) d'un liquide est le logarithme de l'inverse de la concentration en ions hydrogène dans ce liquide.

$$pH = \log \frac{1}{H}$$

Deux méthodes pour le mesurer.

A) *Méthode électrométrique.*

Nous nous contenterons ici de donner le principe de cette méthode, et de décrire sommairement l'appareil. Pour mesurer le pH par la méthode potentiométrique, on dispose d'un autre liquide de pH connu. Dans chacun plonge un fil de platine formant électrode. L'ensemble constitue une pile de concentration. La force électrométrique de cette pile est liée au pH des deux électrodes par la loi

$$V = \frac{RT}{2F} m (pH_2 - pH_1)$$

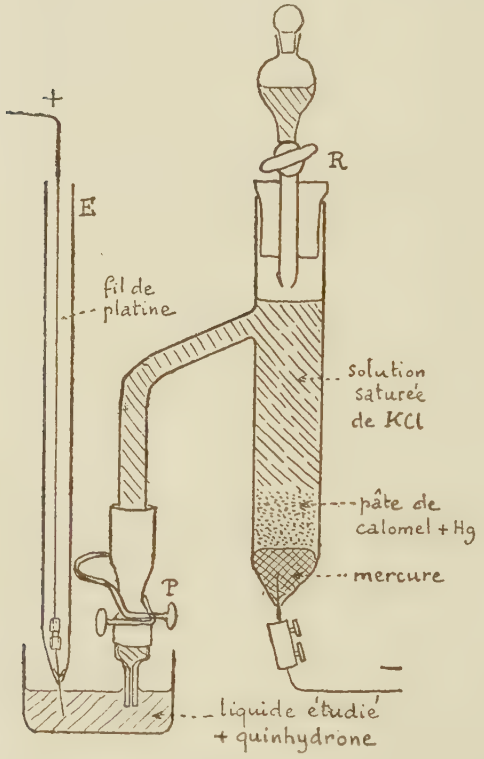
où T est la température absolue à laquelle on fait l'expérience.

T = 273 + t R, F, m sont des constantes et par suite

$$pH_1 = pH_2 - \frac{0{,}0001984\,(273 + t)}{V}$$

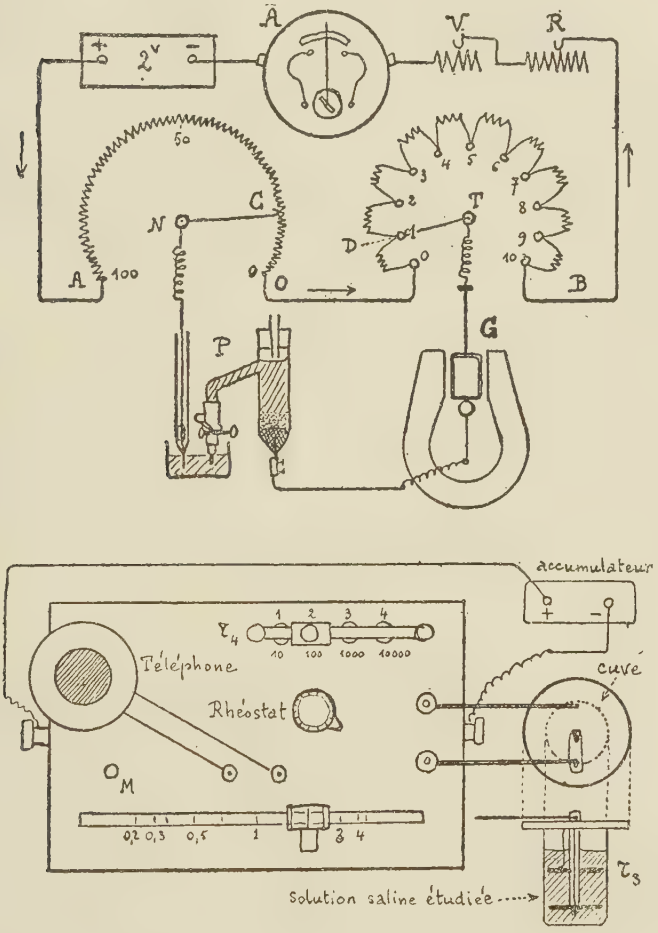
$$pH_1 = pH_2 - \frac{10\,V}{1984\,(273 + t)}$$

Dans l'appareil (potentiomètre) le liquide à pH con-



nu est remplacé par une pile au calomel correspondant à un pH 7,76. Elle est constituée comme l'indique

la figure ci-contre. Elle est surmontée d'un tube muni d'un entonnoir à robinet pour renouveler la solution de chlorure de potassium. L'autre électrode est consti-



tuée par un fil de platine plongeant dans le liquide à étudier. On doit ajouter à ce liquide une quantité de quinhydrone suffisante pour donner une solution sa-

turée. La quinhydrone permet au liquide de garder un pH constant malgré les courants qui la traverseront, durant les mesures, à condition que son pH soit inférieur à 7,8. Le potentiomètre est formé d'un circuit électrique disposé comme l'indique la figure. AB est une résistance sur laquelle peut glisser un contact mobile C. Quand le galvanomètre G est au zéro, la différence de potentiel ohmique entre C et D équilibre exactement la force électromotrice V de la pile P. A ce moment il ne circule plus aucun courant dans la branche CPGD. Le long du potentiomètre AB est disposée une graduation en millivolts dont le zéro est en O. Dans le petit gobelet spécial rincé à l'eau distillée puis avec le liquide à étudier on verse une petite quantité de ce liquide qu'on agite avec une pincée de quinhydrone. La technique de la mesure du pH par cette méthode est indiquée dans la notice qui accompagne l'appareil. Nous ne la décrirons pas ici.

B) *Méthode colorimétrique.*

On emploie une série d'indicateurs bicolorés organiques. Chacun de ses colorants en milieu légèrement alcalins possède une teinte déterminée qui passe sensiblement à une autre teinte en milieu légèrement acide. Tout en présentant une gamme de colorations intermédiaires assez nettes. A chacune de ces teintes correspond un pH déterminé.

Pour avoir un pH exact on fait d'abord une mesure approximative au moyen de tests colorés préparés à l'avance et ensuite une deuxième mesure par la méthode des étalons colorés extemporanés.

1° Méthode des tests colorés.

On utilise la série des tests de Bruère comprenant 27 tests préparés avec trois indicateurs colorés :

9 tubes au rouge de méthyle = du rouge (pH = 4,4) au jaune (pH = 6).

9 tubes au bleu de bromo-thymol = du jaune (pH6) au bleu (pH = 7,6).

9 tubes au rouge de phénol = du jaune (pH = 6) au rouge (pH = 8,4).

Dans un tube calibré de même diamètre que les précédents on met un peu d'eau à étudier et une goutte de bleu de bromo-thymol. Si la coloration est :

jaune : zone acide pH $\leqslant$ 6 : utiliser le rouge de méthyle;

jaune verdâtre . zone intermédiaire : le bleu de bromo-thymol;

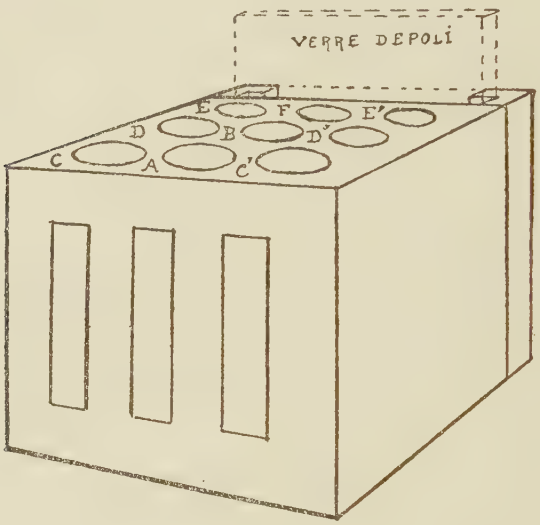
bleue : zone alcaline : pH $\geqslant$ 7,6 : le rouge de phénol.

Mettre dans un tube calibré de l'eau à étudier jusqu'aux deux tiers de sa hauteur et ajouter 5 gouttes de l'indicateur. On doit obtenir une teinte comparable à celle des tests, sinon on recommencera en forçant ou en réduisant la quantité d'indicateur suivant le cas. On cherche alors dans l'échelle des tests en tube dont la teinte soit identique à celle du tube étudié. On note le pH du test.

2° Méthode des étalons colorés extemporanés.

Principe : Toute teinte d'indicateur, dans la zone sensible, étant intermédiaire entre la teinte acide et

la teinte alcaline peut être reproduite par un mélange en proportion convenable de ces deux teintes. On



réalise ce dernier point en plaçant l'un derrière l'autre un tube acide et un tube alcalin auxquels on ajoute les quantités convenables d'indicateur.

Technique : On utilise un comparateur : boîte cubique percée de neuf trous, où l'on peut placer des tubes à essais identiques. Une plaque de verre dépolie est en face des fentes par où regarde l'observateur.

Dans les différents tubes, mettre 10 cc. d'eau distillée sauf en A où l'on met 10 cc. d'eau à étudier. Les tubes E F E' ne serviront pas (ils ne servent que dans le cas de liquides colorés). On met alors :

En A : 0 cc. 5 du colorant;

C et C' : une goutte HCl N/10;

D et D' : une goutte NaOH N/10.

On a mis en A, 0 cc. 5 de colorant : ceci a fourni une teinte qu'il faut reconstituer par la composition d'une teinte acide et d'une teinte basique. On mettra donc en C et D du colorant acide et du colorant alcalin de manière à ce qu'il y ait au total 0 cc. 5 de colorant comme en A. Mais si l'on veut une teinte très acide on mettra plus de colorant en solution acide en C qu'en D et inversement. La répartition des 0 cc. 5 en C et D est indiquée au tableau final en fonction du pH cherché : on doit donc connaître une valeur du pH approchée grâce à la première méthode et l'on encadre cette valeur entre celles correspondantes à (C + D) et (C' + D').

Exemple : Soit un liquide de pH voisin de 6,8, nous prendrons comme indicateur du bleu de bromo-thymol et nous mettrons :

en A 0 cc. 50 de bleu de bromo-thymol;

en C 0 cc. 35 de bleu de bromo-thymol alcalin;

en D 0 cc. 15 de bleu de bromo-thymol acide.

$$D + C = 0{,}35 + 0{,}15 = 0 \text{ cc. } 50$$

en C' 0 cc. 30 de bleu de bromo-thymol alcalin;

en D' 0 cc. 20 de bleu de bromo-thymol acide.

$$D' + C' = 0 \text{ cc. } 50$$

Si le pH est bien 6,8 la teinte observée en A est l'intermédiaire entre les deux autres. Sinon l'on voit dans quel sens on doit modifier l'expérience.

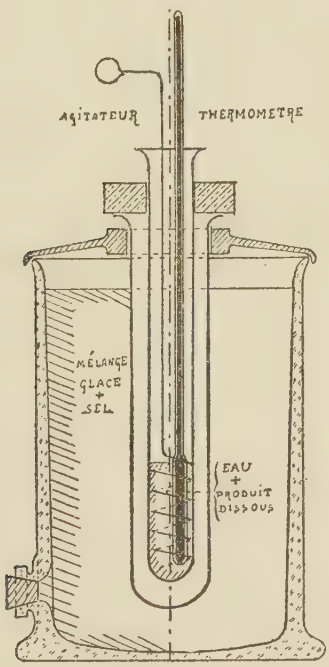
Valeurs de pH obtenues				Quantité d'indicateur	
Rouge de méthyle	Bleu de bromo-thymol	Rouge de phénol	Bleu de thymol	Tube alcalin	Tube acide
4,06	6,15	6,75	7,85	0 cc. 075	0 cc. 45
4,25	6,35	6,95	8,05	0 cc. 10	0 cc. 425
4,4	6,5	7,1	8,2	0 cc. 15	0 cc. 40
4,6	6,7	7,3	8,4	0 cc. 20	0 cc. 35
4,8	6,9	7,5	8,6	0 cc. 25	0 cc. 30
5,0	7,1	7,7	8,8	0 cc. 30	0 cc. 25
5,2	7,3	7,9	9,0	0 cc. 40	0 cc. 20
5,4	7,5	8,1	9,2	0 cc. 35	0 cc. 15
5,6	7,7	8,3	9,4	0 cc. 40	0 cc. 10
5,75	7,85	8,45	9,55	0 cc. 425	0 cc. 075
5,95	8,05	8,65	9,75	0 cc. 45	0 cc. 05

3° Détermination du point cryoscopique.

Chaque eau minérale a un point cryoscopique propre. Il est indiqué par la température que marque le thermomètre quand l'eau commence à se congeler. La valeur de ce point est très importante. En effet, il faut pour que le bol intestinal passe dans l'intestin qu'il ait un point cryoscopique de —0,38. De même pour que les aliments après avoir été décomposés passent dans l'appareil circulatoire. Comme le point cryoscopique du sérum sanguin est de —0,56 une eau dont le point cryoscopique est au-dessous de —0,38 sera complètement absorbé par la muqueuse gastrique. Si ce point est entre —0,38 et —0,56 elle sera absorbée par la muqueuse gastrique et la muqueuse intestinale. Mais si son point cryoscopique est au-dessus de —0,56 il n'y a plus absorption. Il s'établit au contraire un courant en sens inverse et les eaux sont alors purgatives. En effet deux solutions ayant le

même point cryoscopique sont isotoniques puisque le point cryoscopique comme la pression osmotique est en raison directe du nombre de molécules et des ions en présence.

Loi de Raoult. — L'abaissement du point de commencement de congélation d'une solution étendue, non électrolysable (par rapport au point de congélation du solvant pur) est proportionnel à la concentratin et inversement proportionnel à la masse moléculaire du corps dissous.



Mesure d'un point cryoscopique :

On utilise un mélange réfrigérant (sept parties de glace pour une de sel) placé dans un bocal autour

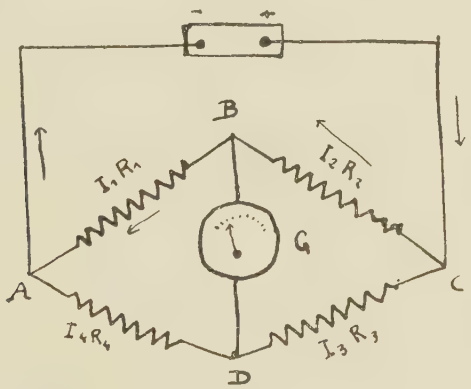
d'une large éprouvette et dans un grand verre à pied. On utilise le bocal pour les refroidissements lents pendant les lectures et le verre pour les refroidissements rapides obtenus en plongeant directement le tube laboratoire dans le mélange réfrigérant.

Technique : Nettoyer et dessécher le tube laboratoire avec un papier filtre. Mettre dans ce tube un agitateur et un thermomètre au 25e de degré suspendu par un bouchon. Le thermomètre est soutenu par une bague en caoutchouc de manière à ce que son réservoir soit à 1 cm. du fond du tube. Mettre de l'eau à analyser. Placer dans le verre, dans un trou creusé au milieu du mélange réfrigérant, le tube laboratoire (refroidissement rapide). Agiter régulièrement (un coup d'agitateur par minute au début, puis quand le thermomètre est vers +5° un coup par seconde). Il s'agit d'obtenir des cristaux de glace flottant dans le liquide. Dès ce résultat obtenu, porter le tube dans l'éprouvette au centre du bocal et faire la lecture de la température de congélation.

4° Détermination de la résistivité électrique.

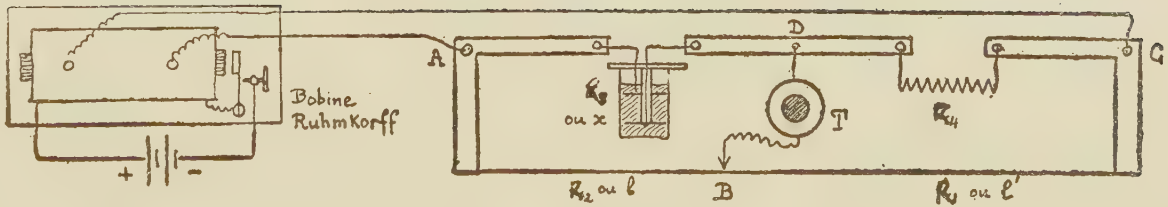
La détermination de la conductivité électrique d'une eau permet de se rendre compte de sa teneur en substances minérales : car la résistance qu'elle offre au passage du courant est en rapport avec cette teneur. On appelle conductivité d'une eau l'inverse de la résistance : $C = \frac{I}{R}$ et la résistivité R est la résistance d'un cylindre de liquide ayant une longueur

de 1 cm. et 1 cm. 2 de base. On l'exprime en ohms-centimètres. En général la mesure des résistances électriques est basée sur le principe du pont de Wheatstone. Lorsque dans un circuit établi comme dans la figure ci-contre on connaît trois résistances sur quatre, il est facile de connaître la quatrième. Pour cela il suffit d'équilibrer le courant et d'amener le galvanomètre au zéro.



Pour mesurer la résistivité des liquides on se sert de la méthode de Kohlrausch.

La résistivité des liquides se mesure à l'aide d'un pont à corde. L'appareil comprend un fil de maillechort, tendu parallèlement à une règle graduée. Un curseur mobile le divise en deux parties correspondant aux résistances R1 et R2. Entre B et C on intercale la résistance liquide x à mesurer; entre C et D la résistance R4 de 10, 100, 1.000 ohms. Le dispositif correspond à celui du pont de Wheatstone, mais la résistance R4 est fixe et l'équilibre du pont est réalisé en déplaçant le curseur, c'est-à-dire en faisant va-


Bobine
Ruhmkorff
+
−
A
D
C
R_3
ou x
T
R_4
R_2 ou l
B
R_1 ou l'

rier les résistances R1 et R2. Le rapport de ces résistances est égal au rapport des longueurs des segments déterminés sur le fil par le curseur. On a :

$$\frac{X}{L} = \frac{R4}{L'} \qquad X = R4 \frac{L}{L'}$$

Afin qu'il n'y ait pas d'électrolyse, au lieu du courant continu, on se sert d'un courant alternatif provenant d'une bobine de Ruhmkorff dont le primaire est relié à une pile. La résistance mesurée est celle du liquide compris entre deux disques plans argentés dans une cuve cylindrique. Les connexions sont indiquées dans la figure ci-contre.

$$\frac{\frac{N}{50}}{\frac{N}{X}} = \frac{X}{50} = \frac{R}{R'}$$

R = résistance d'une solution de KCl N/10.

R' = résistance d'une solution de KCl N/50.

5° Radioactivité.

La radioactivité d'une eau étant un des facteurs les plus importants dans une cure hydro-minérale, nous eussions aimé donner ici cette mesure en ce qui concerne l'eau d'Oriol. Mais les temps dans lesquels nous vivons ne nous l'ont pas permis. En effet, on sait que la radio-activité d'une eau n'existe plus quelques heures après son émergeance. Pour pratiquer cette mesure avec sûreté, il faut opérer à la source même, ou

deux ou trois heures après le prélèvement; or il nous a été impossible de trouver à Grenoble, la seule grande ville proche d'Oriol, un laboratoire ayant un appareil pour mesurer la radioactivité des eaux minérales. D'autre part, ne pouvant étalonner l'électroscope que comporte un tel appareil, il nous était impossible d'en monter un nous-même. C'est donc à regret, que nous avons dû abandonner momentanément le désir que nous avions de savoir si l'eau que nous avons étudiée était radioactive ou non, et de mesurer cette radioactivité si elle avait existé.

CHAPITRE VIII

ANALYSE BACTERIOLOGIQUE

L'analyse bactériologique a pour objet la numération et la spécification des germes microbiens contenus dans les eaux.

1° Analyse quantitative.

A) Méthode de Miquel.

Cette méthode suppose une dilution de l'eau (avec de l'eau stérilisée et par expérience préliminaire) telle qu'une goutte renferme un seul germe. On prend 36 tubes de bouillon nutritif; on met une goutte de dilution dans 18 tubes, 2 gouttes dans les 18 autres. On met à l'étuve pendant quinze jours à 30-35°. Si par exemple, 5 tubes sont troublés cela revient à peu près à dire que 54 gouttes de dilution renfermaient 5 bactéries. Or la pipette dont on s'est servi donne 25 gouttes au cc., donc 54 gouttes correspondent à 54/25 soit 2 cc. 16. Dès lors puisque 2 cc. 16 d'eau diluée à 1/500 par exemple contiennent 5 bactéries, il s'ensuit que 1 cc. contiendra environ 5/216 soit 2 bactéries 314. L'eau étant diluée à 1/500 il y aura 2.314×500, soit 1.177 bactéries par cc.

B) Opérations sur milieux solides.

On ensemence 3 tubes de 10 cc. de gélopeptone (gélatine 100 + peptone 20 + sel marin 5 + eau 1.000) fondue à 40° avec 1/50, 1/25, 1/10 cc. d'eau à analyser soit 1, 2 et 5 gouttes d'une pipette donnant 50 gouttes au cc. On coule dans des boîtes de Pétri. Dès que la gélatine s'est solidifiée (ce qu'on peut hâter en plaçant les boîtes sur une surface refroidie) on les porte dans une étuve réglée à 20° et on examine tous les jours à partir du deuxième jour, ceci pendant 15 jours pour faire la numération des colonies apparaissant. Le tableau ci-après représente le coefficient par lequel doit être multiplié le nombre de colonies constatées si l'on veut évaluer la teneur approximative de l'eau en microbes après 2, 3, 4 etc., jours jusqu'à 15 jours.

	Coefficient
2 jours	19,6
3 —	8,82
4 —	5,61
5 —	3,86
6 —	3,05
7 —	2,40
8 —	1,82
9 —	1,52
10 —	1,33
11 —	1,19
12 —	1,10
13 —	1,06
14 —	1,04
15 —	1

Les moisissures sont comptées à part. La numération des colonies se fait aisément au moyen de numérateur à secteur, quadrillé en centimètres carrés, placé sur un fond noir, et sur lequel on pose la plaque à examiner.

2° Analyse qualitative.

Dans les cultures qui ont servi à l'analyse quantitative on note les caractères extérieurs : la couleur et l'odeur du bouillon; l'état de la gélatine liquéfiée ou non, la manière d'être du trouble, la teinte, s'il y a ou non fluorescence, etc...

Dans l'impossibilité où l'on se trouve parfois de mettre en évidence certains germes pathogènes de l'eau on utilise l'étude des anaérobies. Pour cela, on emploie de la gélatine glucosée dans laquelle on introduit par tubes de 10 cc. un centimètre cube de solution à 20 % de sulfo-indigotate de soude aseptique. L'ensemencement se fait avec 1 cc. d'eau. Les tubes, fermés à la lampe et maintenus à 20° montrent la décoloration par place du sulfoindigotate de soude.

Recherche du Colibacille.

L'expérience a démontré que le colibacille est très fréquent dans l'eau; l'attention doit être éveillée lorsqu'il y est en proportion sensible. Pour le rechercher, on met à profit la propriété qu'à le B. coli de vivre dans un milieu légèrement phéniqué (on élimine ainsi la plupart des autres bactéries).

a) Recherche en milieu phéniqué.

100 cc. de bouillon de peptone additionnés de 6 grammes de peptone et de 3 grs de sel + 100 cc. d'eau à analyser + 4 cc. 4 d'une solution d'acide phénique à 5 %; exposition 36 heures à 40°; s'il y a du B. coli le liquide se trouble.

b) Procédé de l'orangé Poirier.

On emploie l'orangé Poirier n° 40 en solution dans du bouillon à pH 8,2. Après 24 heures d'étuve à 37°, la réaction sera positive s'il y a virage au jaune serin.

Recherche du bacille d'Eberth.

Diénert, Guillerd et A. Leguen ont montré comment on pouvait utiliser la gélose additionnée de sous-acétate de plomb pour isoler le bacille d'Eberth et le B. paratyphique. Un mélange de bacille coli et de bacille d'Eberth dans une eau se caractérise très facilement sur la gélose au plomb. Le premier donne des colonies incolores, le second des colonies noires.

3° Pouvoir bactériophagique.

a) Le Bactériographe et le phénomène d'Herelle

Si à une culture de bacilles dysentériques (B. de Shiga) on ajoute un filtrage sur bougies de déjections d'un convalescent de dysenterie, ce filtrat clarifie l'émulsion en quelques heures; celle-ci ne renferme plus de bacilles vivants et elle détermine à son tour la destruction d'une autre émulsion microbienne et ainsi de suite indéfiniment, et ce, à dose extrêmement faible. Tel est le phénomène découvert en 1917 par d'Hérelle, médecin canadien français.

Quelle est la cause de ce phénomène ? D'Hérelle ne vit qu'une explication possible : pour lui, il s'agit d'un germe vivant, capable de se multiplier comme le bacille lui-même, d'un parasite du microbe, doué du pouvoir de le faire se dissoudre. D'Hérelle appela ce germe le bactériophage et soutint qu'il était constitué par des corpuscules tellement petits que les microscopes les plus puissants ne permettent de l'apercevoir. Il démontra que le phénomène de bactériophagie était général et qu'il existait des bactériophages capables d'attaquer des bactéries appartenant à de nombreuses espèces : bacilles dysentériques, thyphiques, parathyphiques, pesteux, colis, protéus, vibrions colériques, etc...

Mais Bordet explique ce phénomène d'une autre manière. Pour lui le bactériophage n'est autre qu'une substance sécrétée par les bactéries qui serait nocive pour elles-mêmes (explication semblant confirmée par les travaux de Lisbonne qui a isolé des eaux certains microbes visibles sécrétant une substance lytique).

Quelle qu'en soit la véritable explication, le phénomène d'Hérelle existe et le bactériophage est très répandu dans la nature. Son habitat normal serait le contenu intestinal. Son action s'exerce sur les bactéries avec plus ou moins d'activité suivant les souches microbiennes.

Hankin, en 1896, remarque que l'action bactériophagique des eaux de Jumma (Indre) et du Gange (Indes) s'exercent sur le vibrion cholérique. En 1912, Berhoz s'était rendu compte du phénomène d'auto-

épuration des eaux de l'Isère. Arloing et Sempé ont étudié à ce point de vue les eaux du Rhône et de la Saône en 1924.

Nous avons voulu essayer de rechercher ce phénomène dans les eaux d'Oriol.

Pour cette étude, nous avons suivi la technique simplifiée indiquée par Chavannes dans sa thèse. Les laboratoires Lumières nous ont fourni les souches microbiennes nécessaires; elles comprenaient du B. d'Eberth, du paratyphique (A et B), du colibacille, du B. dysentérique type shiga.

b) Technique employée.

Nous avons filtré les eaux dès leur arrivée au laboratoire sur une bougie Chamberland L3 sous pression faible de 15 à 20 cc. Ce filtrat stérile obtenu a été ajouté à raison de 2 cc. à 6 tubes de bouillon Martin. Nous avons alors ensemencé ce bouillon au moyen d'émulsions microbiennes obtenues au moment de l'usage, en râclant les cultures souches sur gélose.

Au premier tube A nous avons ajouté quelques gouttes de culture d'Eberth.

Au deuxième tube B, nous avons ajouté quelques gouttes de culture de paratyphique A.

Au troisième tube C, nous avons ajouté quelques gouttes de culture de paratyphique B.

Au quatrième tube D, nous avons ajouté quelques gouttes de culture de colibacille.

Au cinquième tube E, nous avons ajouté quelques gouttes de culture de bacille de shiga.

Enfin le sixième tube a servi de témoin.

Puis, à 5 tubes A' B' C' D' E', nous avons ajouté les mêmes cultures et dans le même ordre qu'aux tubes A B C D E afin de pouvoir comparer les cultures lysées avec celles qui se développeraient normalement.

Nous avons laissé alors tous les tubes à la température du laboratoire (20°) pendant 24 heures; après examen pour nous rendre compte du trouble produit, nous avons repiqué sur gélose inclinée, puis placé à l'étuve pendant 24 heures.

La notation a été faite selon le tableau indiqué ci-après. Nous avons noté l'aspect macroscopique des cultures sur gélose et compté les plages claires témoignant de leur plus ou moins grand développement. Pour les cultures en bouillon, la lyse a été notée de 0 à 5 suivant l'opacité de l'émulsion (méthode diaphanométrique).

Notation de résultats.

Nous donnons, d'après Chavannes, la table établie pour la notation des résultats. L'étude du pouvoir bactériophagique nous montre que l'action microbienne des eaux d'Oriol est nulle et ne s'exerce pas. En effet, le bouillon après 24 heures était trouble et après repiquage nous avons eu des cultures normales.

Notation	Lyse	En bouillon après 24 h.	Sur gélose après 24 heure à l'étuve
L 1	Lyse très active.	Bouillon clair.	Rares colonnes isolées.
L 2	Lyse active.	Bouillon clair.	Colonies très nombreus mais toujours dénomb bles (60 à 18 0a umaximu
L 3	Lyse peu active.	B. présentant un léger ger trouble par agitation du tube.	Colonies en grains isolés.
L 4	Lyse faible.	Lyse ne se manifestant qu'après plusieurs passag ou disparaissant rapidement.	
L 5	Lyse très faible.	Le bouillon ne s'éclaircit pas complètement.	Culture en glacis, rouge sur bords avec une ou de plages claires.
L 6	Lyse nulle.	Bouillon trouble.	Culture sur gélose normal

Souches	Oriol (Auvergne)
Eberth	L 6
Para A	L 6
Para B	L 6
Coli	L 6
Shiga	L 6
Eberth	CN
Para A	CN
Para B	CN
Coli	CN
Shiga	CN

RESULTATS PERSONNELS

Débit : 13 m3 par 24 heures.

Densité : 1,0032.

Résistivité électrique : 126 ω.

pH : 6,7.

Point cryoscopique : —0,182.

Degré hydrotimétrique total : 270.

Alcalinité en CO^3 λ Ca : 0,719 gr.

Résidu sec au rouge : 1,326 gr.

Matières organiques : 0,01 mmgr.

Oxygène dissout : 12,8 cc.

CO^2 total : 2,64 grs soit environ 1.340 cc.

CO^2 combiné et demi-combiné : 0,75 gr. soit environ 395 cc λ.

CO^2 libre : 1,89 gr., soit environ : 1.055 cc.

Chlore : 0,010 gr.

Iode : traces.

Acide sulfurique en SO^4 : 0,042 gr.

Silice : 0,020 gr.

Fer en Fe^2O^3 : 0,0170 gr.

Ca en CaO : 0,4201 gr.

Magnésie en MgO : 0,025 gr.

Sodium : 0,0314 gr.

Manganèse : traces.

Arsenic : traces avoisinant 0,001 mmgr.

Au point de vue bactériologie :

Nombre de germes au cc. : 8

Espèces pathogènes : néant.

Bactéries de putréfaction : néant.

Colibacille : néant.

Ensemencement sur gélose, bouillon nutritif, eau peptonée et étuvage : rien de spécial.

Nous sommes donc en présence d'une eau bicarbonatée calcique ferrugineuse qui au point de vue bactériologie peut être classée dans les eaux très pures.. Il devient dès lors intéressant de la comparer à ses congénères. D'après le tableau suivant, nous voyons que si l'eau de Bussang est plus riche en sodium, elle renferme moins de calcium et moins de fer. Les eaux si réputées de Forges ont également une teneur plus faible en bicarbonate de calcium et en bicarbonate de fer. On trouve encore en France des eaux bicarbonatées mixtes ferrugineuses à Vic-le-Comte, mais elles renferment beaucoup de bicarbonate de soude et de chlorure de sodium ; on ne peut donc guère les comparer aux eaux d'Oriol. Les mêmes remarques seront faites pour les eaux de Saint-Alban. Les eaux qui se rapprocheraient le plus, il nous semble, de celles que nous avons étudiées, sont celles de la Fontaine du Génie à Hamman R'Hira en Algérie ; mais elles renferment en plus une notable proportion de sulfate de soude et de sulfate de calcium.

Quant aux eaux d'Orezza, elles ont une teneur en sels de fer beaucoup plus forte (0,128 gr. de carbonate de fer).

	Bussang (Salmade)	Forges	Vic-le-Comte	St-Alban	Ammam R'Hira	Oriol
rbonate Fer .	0,0118	0,0122	0,06	0,02	0,01	
rbonate Ca..	0,549	0,1630	1,15	0,95	0,94	
rbonate Na..	0,8895		2,000	0,85		
rure de Na..			2,25			
libre			514 cc.	1.600 cc.		

Nous trouvons enfin en Allemagne des sources ferrugineuses réputées qui se rapprochent également beaucoup de celles d'Oriol. Ce sont celles de Schwalbach dont voici sommairement la minéralisation :

Bicarbonate de Ca et de Mg..... 0,41
Bicarbonate de fer..... 0,05
Bicarbonate de manganèse..... 0,017
CO^2 libre ..... 1.675 cc.

On voit donc d'après ces quelques lignes, que les eaux d'Oriol peuvent supporter la comparaison avec les sources bicarbonatées mixtes ferrugineuses les plus connues.

CHAPITRE IX

PHARMACODYNAMISME ET ACTION THERAPEUTIQUE

Avant de tirer des conclusions thérapeutiques de cette étude, nous citerons les diverses observations recueillies au siècle dernier lorsque les eaux d'Oriol étaient employées à titre médical.

Ces observations ont été citées par le Docteur Baron d'Allevard, dans une notice sur les eaux d'Oriol parue à cette époque.

Observation I

Il me souvient, dit-il, d'une malade bien constituée que, des règles trop abondantes avaient rendu anémique au suprême degré. Un traitement ordinaire par les ferrugineux n'avait pas modifié cet état. J'y ajoutai l'usage méthodique de l'eau d'Oriol à la dose de un litre par jour et deux mois après les époques étaient redevenues normales, la santé s'était rétablie.

Observation II

(recueillie par le Docteur Pellaton, médecin à Mens)

Il y a 20 ans, je fus appelé à donner mes soins à une dame que l'on croyait atteinte d'un cancer à l'estomac ; elle était cachectique, d'une pâleur cireuse, elle avait les

extrémités inférieures œdématiées ; enfin, elle rendait par les vomissements et les selles des matières mélaniques. La malade était jeune d'ailleurs (30 ans) et je ne constatais nulle part dans la région abdominale, de tumeur suspecte. Je fus conduit à admettre chez elle l'existence d'un ulcère simple au duodénum. J'instituais mon traitement en conséquence ; l'eau d'Oriol comme boisson ordinaire, en fit les principaux frais. Le traitement fut suivi avec persévérance durant 5 à 6 mois et la mena à la guérison.

Observation III

(recueillie également par le Dr Pellaton)

Le docteur Pellaton, dans cette observation, fait l'histoire d'une dame de Grenoble anémique depuis plusieurs années qui contracta une fièvre intermittente dont les traitements les mieux dirigés ne purent avoir raison. Venue à Mens, elle prit les eaux d'Oriol à la dose de 3 verres d'abord, puis de 6 dans la journée. Après 6 jours, la fièvre diminua, 15 jours plus tard, elle avait disparu. Pendant 6 semaines que cette dame usa de ces eaux, la fièvre ne reparut plus. Sa santé se rétablit entièrement.

Observation IV

(recueillie par le Dr Baron)

Il y a quelques années, dit-il dans sa notice, je donnais mes soins à un jeune curé du canton qui, tous les deux ou trois mois, et principalement après un écart de régime, était pris de douleurs atroces au flanc droit avec vomissements, sueurs froides, lypothimies, etc...; cela durait plusieurs heures, puis, peu à peu, tout rentrait dans l'ordre. Cependant, un jour ou deux après l'accès, survenait sur la peau du visage surtout, une légère

teinte subictérique qui ne tardait point à se dissiper. Soit pendant, soit après l'accès, le foie ne débordait pas des fausses côtes et dans les matières fécales, minutieusement examinées, je ne découvris pas le moindre grain de cholestérine.

Ce jeune curé précédait d'un père goutteux sans avoir jamais lui-même de manifestations sensibles de la diathèse. Je le mis à l'usage exclusif de l'eau d'Oriol dans l'intervalle des accès. J'eus la satisfaction de voir ceux-ci peu à peu s'éloigner, diminuer d'intensité ; ils tardèrent une fois jusqu'à six mois à reparaître. Mais je dois à la vérité de dire que, si le soulagement a été grand, la guérison n'a pas été complète.

Observation VI

(recueillie par le Dr Pellaton)

Cette observation se rapporte à une femme, âgée de 60 ans, affectée d'une hypertrophie excentrique ancienne de tout le cœur, avec suffusion séreuse dans le ventre et les membres abdominaux. En août 1839, cette femme fit usage des eaux minérales d'Oriol à la dose de six verres par jour, prises pures en guise de tisane. L'emploi pendant 15 jours de ces eaux diminua l'hydropisie, en excitant la diurèse et le vingtième jour, tout avait disparu. Une seconde fois, en 1840, l'hydropisie revint et fut dissipée par le même moyen.

Observation VII

(également recueillie par le Dr Pellaton)

C'est l'histoire d'un malade, âgé de 45 ans, d'un tempérament sanguin, qui avait à la face une affection ancienne de la peau (acne indurata) avec chaleur abdominale et constipation. Un régime alimentaire rigoureux et des soins appropriés n'avaient pu diminuer

cette éruption qui devenait plus intense quand les chaleurs abdominales apparaissaient. En 1840, ce malade a usé des eaux d'Oriol et cette dermatose s'est considérablement affaiblie. Elle n'a presque plus lieu pendant l'hiver, et dès qu'elle paraît, ces eaux bues à la dose de plusieurs verres à jeun et aux repas dissipent au bout de quelques jours cette recrudescence de boutons. C'est le seul moyen que ce malade ait employé avec succès.

Observation VIII
(également par le Dr Pellaton)

Cette observation rapporte le cas d'un sujet affecté de pertes séminales, suite d'abus de coït, et guéri en trois mois par l'usage de l'eau d'Oriol à doses progressivement croissantes de 4, 6 et 8 verres par jour d'eau d'Oriol.

Observation IX
(du même Dr Pellaton)

C'est un cas de stérilité chlorotique qu'un traitement de 15 jours à Oriol continué ensuite à Grenoble, fit cesser complètement. Cette dame, qui était mariée depuis deux ans, devint grosse peu de temps après, et, au terme normal, accoucha d'une fille pleine de vigueur.

Toutes ces observations datent du siècle dernier et que nous avons pu retrouver dans diverses notices montrent que l'eau d'Oriol était employée dans de nombreux cas à cette époque et qu'elle avait souvent les meilleurs effets. Comme nous l'avons vu, elle est bicarbonatée mixte ferrugineuse. Avant de déduire ses indications thérapeutiques, étudions quel

est dans l'organisme humain le rôle des divers éléments qu'elle contient.

Le *calcium* n'a pas un rôle complètement élucidé. Mais on sait qu'il est présent dans tous les tissus surtout dans les tissus osseux et le noyau des cellules. Il est nécessaire au fonctionnement du muscle cardiaque et à l'édification de la charpente osseuse. L'absence de Ca se traduit par insuffisance myocardique, diminution du nombre de globules rouges et trouble de la coagulation du sang (hémophylie). Le Ca dans les eaux est donc utile pour les cas de déchéance cardiaque, sanguine et désossification. D'autre part l'ion Ca combiné à l'acide carbonique a une action analogue à celle de l'ion sodium que P. Blum définit ainsi dans son Précis d'hydrologie : « Il agit sur la nutrition générale en augmentant l'alcalinité du sang. Il favorise les combustions organiques et les phénomènes diastasiques. Il augmente l'urée aux dépens de l'acide urique. Il donne une impulsion générale à l'assimilation. L'ion OH véhiculé par le Na s'élimine par les muqueuses dont il fluidifie les sécrétions. Ainsi agit-il sur la circulation biliaire et l'acide urique dont il facilite la solubilité. » Telle est l'action du sodium; celle du Ca est semblable, mais ses effets sont plus discrets. On sait également que les eaux riches en Ca et pauvres en sodium ont une forte action diurétique.

Le Fer, lui, a une forte action reconstituante. On en trouve dans l'hémoglobine, dans les os, les dents et les cartilages. Il est donc absolument nécessaire au développement de l'individu. Sydenham ne disait-

il pas : « Sine ferro medicus esse non vellem ». C'est encore au Docteur P. Blum que nous demanderons l'explication du pharmacodynamisme du fer. « Le fer agit comme catalyte et comme hématogène. Il a une action spécifique sur la chlorose, mais il intervient dans un grand nombre de cas morbides, où l'anémie est un symptôme prédominant. La forme sous laquelle il existe dans les eaux minérales facilite son absorption et grâce à cet état particulier, le plus souvent colloïdal, ses effets thérapeutiques sont plus rapides, plus prononcés et plus constants que ceux des préparations pharmaceutiques administrées à doses supérieures. C'est qu'en effet le fer est présent dans tous les tissus où il accompagne les lipoïdes. Vraisemblablement, il est vecteur d'oxygène. Il serait un auto-oxydateur, en ce sens qu'il s'oxyde directement au contact de l'air, et apporte à certains tissus de l'oxygène qu'ils acceptent sous cette forme, alors que l'oxygène de l'air serait sans effet sur eux. »

L'Arsenic est un excitant vital des systèmes respiratoire et circulatoire.

La Magnésie dont le rôle dans les eaux minérales a été étudié par le Professeur Delbet. Il agit sur le système nerveux sympathique et para-sympathique. L'eau faible en magnésie est régulatrice des sécrétions intestinales. Elle a une action cicatrisante sur les ulcères intestinaux et la flore intestinale.

L'acide carbonique est souvent un des éléments les plus actifs des eaux minérales. Il assure le maintien de la neutralité dans la réaction normale. Il favorise les combustions organiques et les phénomènes dias-

tasiques. De plus, comme l'explique P. Blum, sa présence facilite la solubilité de certains sels dont les éléments, après le dégagement de l'acide carbonique dans le tube digestif, prennent souvent l'état ionique ou colloïdal et voient ainsi augmenter leur activité. D'autre part le gaz carbonique a par lui-même une action sédative.

Après cette étude, il nous est plus facile de donner les indications thérapeutiques de l'eau d'Oriol.

I. — Troubles de l'état général et de la nutrition.

Anémies et chlorose.

Toutes les anémies sont justiciables de l'eau d'Oriol quelle qu'en soit la cause : anémie de l'enfance, de la puberté, du lymphatisme, du surmenage, anémie résultant d'une hémorragie d'abus d'alcool; anémie des maladies utérines, anémie paludéenne ; anémie syphilitique, anémie de la phtisie. Il faut ajouter que le Ca contenu en grande quantité dans l'eau d'Oriol en fait un puissant reconstituant et un puissant récalcifiant.

Dyspepsies, Gastralgies, Hépatalgies.

Grâce à ses bicarbonates mixtes, l'eau d'Oriol sera très active dans les cas de maladies stomachales, dyspepsies hypotoniques (hypochlorhydrie, dyspepsie hyposthénique, ou hypopeptique, atonie gastrique); dyspepsies hypertoniques (hyperchlorhydrie); dyspepsie hypersténique, hyperkinétique ou spasmodique). Dyspepsie des goutteux des oxalémiques, des obèses arthritiques ; manifestations gastriques de la lithia-

se biliaire et des cholécystites ; troubles dyspeptiques d'ordre vago-sympathique, manifestations gastriques liées aux ptoses viscérales. Cirrhose cardiaque, hépatite chronique latente ou insuffisance hépatique, congestion active du foie avec tous ses symptômes : asténie, fatigue, modification du caractère, céphalée, vertiges, amaigrissement, réactions cutanées, telles que furoncles, acnée, pigmentation, prurits, œdèmes, hépatite des coloniaux, paludisme, toxi-infection d'origine intestinale, congestion hépatique.

Hydropisie.

Grâce à sa forte teneur en calcium, et sa faible teneur en sodium, l'eau d'Oriol doit agir et surtout dans l'hydropisie cardiaque.

Vomissements de la grossesse.

Les théories modernes sur les vomissements de la grossesse font donner du calcium aux femmes qui en sont atteintes. Or les indigènes des environs d'Oriol nous ont soutenu que de tous temps, ils ont utilisé cette eau dans ces cas-là et qu'ils avaient obtenu des résultats plus que satisfaisants.

Diabète.

Il serait présomptueux de dire que toutes les formes de diabète trouveraient une amélioration à Oriol. Néanmoins, le diabète gras, diabète sans dénutrition ni acidose survenant chez les gros mangeurs souvent obèses est du domaine des indications de l'eau d'Oriol.

II. — Maladies de la peau

Oriol, grâce à son eau et à son altitude, a une action tonique locale et une action générale. Grâce à cette polyactivité on trouvera près de cette source un remède certain contre les eczémas, les prurits et certaines dermatoses syphilitiques.

III. — Stérilité et impuissance

Chez la femme bien conformée, la stérilité reconnaît habituellement pour cause une maladie utérine ou la chloro-anémie. Or l'eau d'Oriol sera très active dans les cas d'aménorrhée, de dysménorée, d'écoulements leucorhéiques, de catarrhe utérin. Pierre de Vulson dont nous aimons à citer la vénérable autorité nous apprend que de son temps déjà les eaux d'Oriol étaient utilisées contre la stérilité dépendant d'une affection utérine. Voici ses propres paroles : « Si injections faites en l'utérus ou matrice de la femme par trop humide (après qu'elle aura beu des eaux quelques jours) en détergeant toutes ces mucositez, la rendront apte à la conception, et corroborant la matrice, luy feront porter son fruict à terme. »

Quant à la stérilité qui résulte d'un état chloro-anémique très prononcé, il est clair qu'elle ne saurait mieux être adressée qu'à une eau ferrugineuse d'une constitution aussi complète que celle d'Oriol. Ici la médication a l'avantage de combattre les causes et la conséquence de la maladie. Les exemples de stéri-

lité que les eaux ferrugineuses ont fait disparaître sont nombreux. Qu'il nous suffise de rappeler le fait mémorable d'Anne d'Autriche, qui devint féconde aux eaux de Forges et mis au monde Louis XIV, après plusieurs années de stérilité.

CONCLUSION

Notre étude sur les eaux ferrugineuses d'Oriol nous a montré que nos ancêtres les utilisaient avec juste raison. Il est dommage que depuis un demi-siècle les propriétaires des sources s'en soient désintéressés, car elles sont très fixes dans leur composition et mises en bouteille scientifiquement elles se conserveraient parfaitement bien et pourraient s'expédier au loin au même titre que les eaux de Spa, de Bussang et d'Orezza. Si l'on voulait faire d'Oriol une station thermale et climatique il semble que l'on pourrait avec succès y faire une cure très complexe : on pourrait y prendre les eaux en boissons et intensifier leur action avec des applications externes : bains, douches, douches vaginales, lotions, pulvérisations ; sans oublier les bains et douches de gaz dont l'action serait merveilleusement sédative. C'est à tout cela que pensait le Docteur V. Bailly, ancien président de l'Académie royale de Médecine lorsqu'il écrivait : « Les eaux d'Oriol sont supérieures selon moi aux eaux de Seltz et de Spa que nous allons chercher à grands frais à l'étranger. »

En terminant cette étude, il nous reste un vœu à formuler : c'est de voir les eaux d'Oriol prendre parmi leurs congénères la place à laquelle elles ont justement droit. Et peut-être alors pourra-t-on dire

d'elles ce que l'on disait autrefois des eaux de Schwalbach. En effet les bourgeois de Francfort connaissaient jadis si bien la vertu de ces eaux qu'ils avaient la précaution de stipuler dans leur contrat de mariage que leurs femmes n'iraient pas plus de deux fois boire de ces sources ferrugineuses de crainte qu'elles ne fussent trop fécondes. Puissent les eaux d'Oriol acquérir une telle notoriété.

Clermont-Ferrand :
le 6 Janvier 1941.

Vu :
Le Président du Jury :
A. SARTORY.

Vu et Approuvé :
Clermont-Ferrand,
le 6 Janvier 1941.

Le Doyen
de la Faculté de Pharmacie
A. SARTORY.

Vu et permis d'imprimer :
Clermont-Ferrand, le 8 Janvier 1941.

Le Recteur de l'Académie de Strasbourg.
Président du Conseil de l'Université,

Pour le Recteur,
Le Vice-Président du Conseil de l'Université,
A. DANJON

BIBLIOGRAPHIE

BARRAL. — Analyse chimique qualitative et quantitative.

BLUM Paul. — Précis pratique d'hydrologie thérapeutique.

CAILLON. — Contribution à l'étude de l'arsenic dans les eaux de Vichy. *Thèse Pharmacie,* Lyon 1936.

CALMETTE. — Manuel technique de microbiologie et de sérologie.

CHEVALLIER. — Histoire de la découverte de l'arsenic dans les eaux minérales. *Bulletin de l'Académie de Médecine.*

CRIBIER. — Sur les recherches de l'arsenic disséminé dans les médicaments chimiques. *Thèse Pharmacie,* Paris 1921.

DAVOUST. — Quelques recherches sur la floculation des eaux ferrugineuses. Toulouse 1928.

DELÉPINE et LÉONARDON. — L'arsenic dans les eaux minérales. *Annales de l'Institut de Climatologie et d'Hydrologie,* janvier 1925.

DENIGES. — Traité de Chimie analytique.

DESPEIGNE. — Analyses chimiques et bactériologiques.

DIENERT. — Eaux douces et eaux minérales.

DURAND-FARDEL. — Traité des eaux minérales de France.

FLEURY. — Eaux potables et eaux minérales.

FISCHER. — L'eau distillée officinale. *Thèse Pharmacie,* Strasbourg 1939.

Fouillouze. — Analyses quantitatives appliquées à la Pharmacie et à l'Hydrologie.

Girardot. — Contribution à l'étude des eaux d'alimentation par les méthodes physiques. *Thèse Pharmacie*, Nancy 1933.

Landouzy, Gauthier, Moureu. — Crénothérapie. Climatothérapie. Talassothérapie.

Jadin et Astruc. — Précis d'Hydrologie et de Géologie.

Mounier. — Parvianalyse chimique et toxicologique des eaux potables.

Perrin et Mathieu. — Les eaux minérales, leur mode d'action, leur emploi.

Rival. — Contribution à l'étude de l'eau arsénicale et ferrugineuse de Farette (Savoie). *Thèse Pharmacie*, Strasbourg 1940.

Souquet. — Les eaux de la Léchère. *Thèse Pharmacie*, Strasbourg 1940.

Troost. — Traité de chimie.

Wagner. — Les eaux minérales de Soultzmatt. *Thèse Médecine*, Strasbourg 1924.

Ecole de Médecine et de Pharmacie de Clermont-Ferrand. — Manipulations de physique.

BOSC Frères, M. & L. RIOU
Imprimeurs Editeurs
42, Quai Gailleton
—— LYON ——